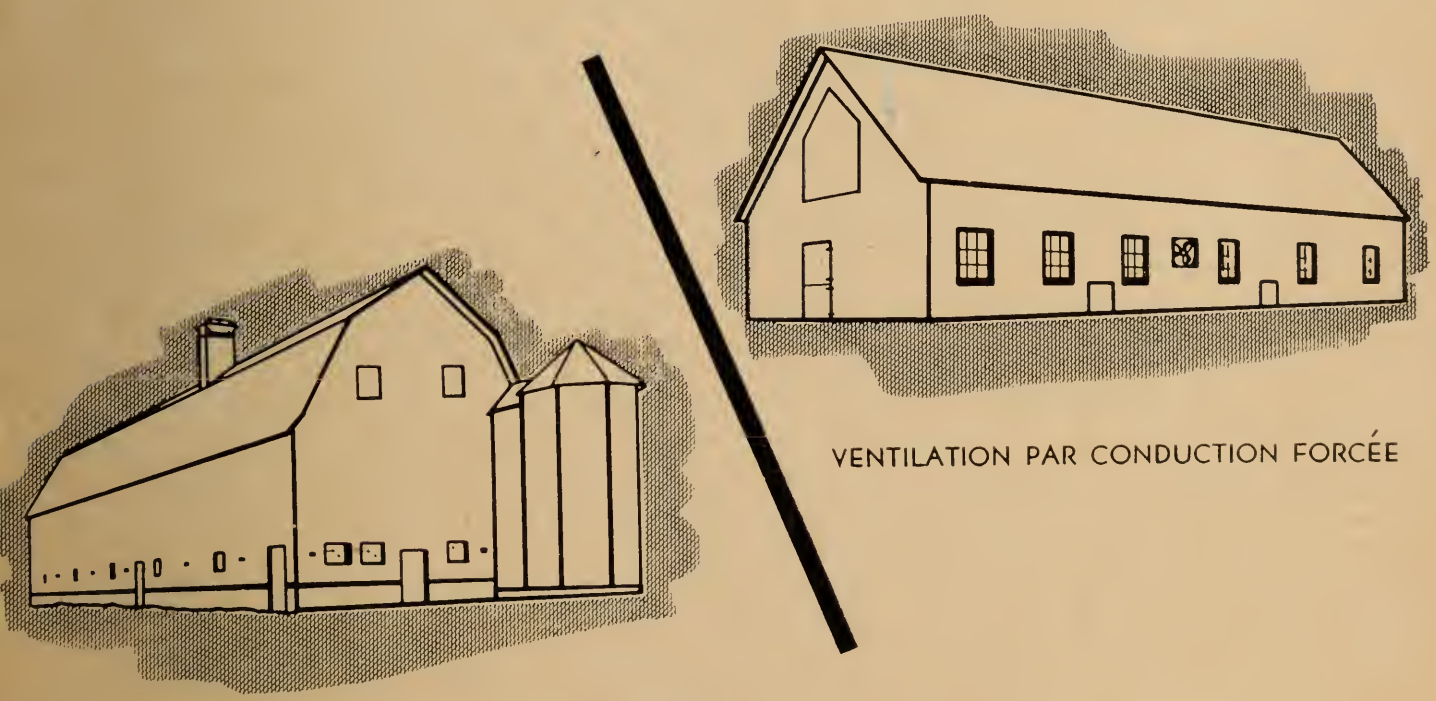
PUBLICATION N° 859 SEPTEMBRE 1953

PRINCIPES DE LA VENTILATION DES ÉTABLES



VENTILATION PAR CONDUCTION FORCÉE

VENTILATION PAR CONDUCTION NATURELLE

MM. Wm Kalbfleisch et J. W. White
SERVICE DES FERMES EXPÉRIMENTALES

30.4
212
859
953
.
2

NISTÈRE DE L'AGRICULTURE, OTTAWA, CANADA

TABLE DES MATIÈRES

Page

Qualités d'un système de ventilation 5

Facteurs intervenant dans la ventilation d'une étable 5
- Besoin d'air chez les animaux 6
- Vapeur d'eau libérée par les animaux 6
- Volume d'air nécessaire pour éliminer l'humidité d'une vacherie 7
- Production de chaleur 8
- Température 8
- Problèmes spéciaux que pose la condensation de la vapeur d'eau 11

Ventilation par conduction naturelle 11
- Fonctionnement du système à tirage naturel 11
- Construction et installation de la cheminée d'évacuation dans les vacheries et les porcheries 12
- Position de la cheminée d'évacuation dans les vacheries, les porcheries et les bergeries 16
- Grandeur de la cheminée d'évacuation dans les vacheries, les porcheries et les bergeries 17
- Installation et construction des orifices d'admission de l'air frais 22

Ventilation par conduction forcée 26
- Avantages et inconvénients de la ventilation par condition forcée 27
- Ventilateurs et accessoires pour l'aération des étables 27
- Choix et installation des ventilateurs dans les étables 30

Isolation des bâtiments de ferme 34
- Le but de l'isolation 34
- Matériaux isolants et hydrofuges 34
- Valeur isolante 39

Annexe 41

(Traduit de l'anglais)

PRINCIPES DE LA VENTILATION DES ÉTABLES

MM. Wm. Kalbfleisch[1] et J. W. White[2]

La ventilation des étables a pour but de fournir la quantité d'air frais nécessaire à la santé et au confort des animaux. Les systèmes de ventilation sont donc conçus en fonction des exigences des différentes espèces animales, compte tenu de l'effet qu'exercent les changements de température sur l'état hygrométrique de l'air. Tout éleveur devrait posséder des connaissances pratiques sur ces exigences et ces principes afin d'être en mesure d'installer convenablement un système de ventilation et de le faire fonctionner de façon satisfaisante. De plus, ces connaissances fondamentales permettent de comprendre et d'apprécier les avantages et limites de tout mode de ventilation appliqué aux étables.

QUALITÉS D'UN SYSTÈME DE VENTILATION

Bien installé, un système de ventilation dans une étable doit présenter les caractéristiques suivantes:

1. Il doit fournir un volume d'air frais suffisant pour maintenir la santé des animaux. L'air introduit dans l'étable doit se répartir uniformément et se mêler avec l'air chaud de l'intérieur de façon à éviter tout courant d'air froid.

2. La ventilation doit suffire à expulser l'air humide et vicié de l'étable. Les animaux rejettent une quantité appréciable de vapeur d'eau ou d'eau qu'il faut éliminer afin de maintenir des conditions favorables dans l'étable. Tout excès d'humidité dans un bâtiment est particulièrement nuisible à la santé des animaux, fait moisir les aliments et pourrir le bois de la charpente.

3. Le système doit également permettre de régler la température de l'étable dans des limites raisonnables lorsque le bâtiment est bien construit. En effet, il est impossible, dans une étable mal construite et insuffisamment isolée d'assurer une bonne ventilation et d'y maintenir une température convenable.

L'installation d'un système idéal de ventilation qui fournisse suffisamment d'air sous toutes les conditions météorologiques, n'est pas rentable; il faut donc installer un système qui aérera l'étable de façon satisfaisante dans des conditions normales plutôt que dans des conditions extrêmes. De légères variations de la température dans l'étable peuvent se tolérer pendant les temps extrêmement froids et les journées exceptionnellement chaudes de l'hiver mais il convient d'éviter tout changement brusque de température.

FACTEURS INTERVENANT DANS LA VENTILATION D'UNE ÉTABLE

Dans l'étude de la ventilation des étables, il importe de connaître les facteurs ayant trait à l'ambiance dans laquelle vivent les animaux, aux propriétés de l'air et aux détails de construction.

---

[1] M. W. Kalbfleisch, ingénieur du génie rural, Ferme expérimentale centrale, Ottawa.
[2] M. J. W. White, ingénieur adjoint du génie rural.

Besoins d'air chez les animaux

Une vache laitière respire environ 2 pieds cubes d'air par minute. Le mouvement de la respiration comprend l'absorption d'oxygène et le rejet d'air humide et chaud chargé de bioxyde de carbone. Il importe donc, pour la santé des animaux, d'éliminer cet air vicié et humide de l'étable et d'introduire un courant continu d'air frais. Bien qu'il suffise de deux pieds cubes d'air par vache pour les besoins de la respiration, il faut normalement 60 pieds cubes d'air par minute pour maintenir une étable à peu près exempte d'odeur désagréables. De plus, par temps relativement doux, il faudra jusqu'à 150 pieds cubes d'air par vache par minute pour éliminer l'excès d'humidité dans une vacherie.

Vapeur d'eau libérée par les animaux

L'eau éliminée par une vache laitière peut varier entre 10 et 15 livres par jour, tandis qu'un porc rejettera de 4 à 6 livres de vapeur d'eau ou d'eau pendant 24 heures. Lorsqu'on laisse cette humidité s'accumuler dans l'étable, sa présence exerce un effet déprimant sur les animaux et un effet nuisible sur le bâtiment et les accessoires. Les animaux logés dans une étable humide souffrent notablement des courants d'air et des changements brusques de température. Les bâtiments en bois qui renferment de l'air chaud et humide sont exposés à la pourriture, tandis que les accessoires métalliques et les fils électriques se détériorent au contact de l'air vicié et humide. De plus, pendant l'hiver, la vapeur d'eau peut se condenser sur les murs ou le plafond du bâtiment et ces surfaces demeurent alors humides ou convertes de gelée blanche.

Le degré hygrométrique ou humidité relative de l'air dans une étable ne devrait jamais dépasser 80 p. 100 si l'on veut protéger les animaux, les bâtiments et les accessoires[1]. Par temps humide et doux il peut être impossible de maintenir l'humidité au-dessous de 90 p. 100 pendant quelques jours mais un état hygrométrique de 70 à 80 p. 100 ou moins est à désirer.

TABLEAU 1.—VAPEUR D'EAU LIBÉRÉE PAR LES ANIMAUX(1)

Espèces et nombre d'animaux	Poids approximatif	Grains de vapeur d'eau produits par heure	Onces de vapeur d'eau par heure	Gallons d'eau par 24 heures
	liv.			
Une vache laitière	1,000	4,000 à 4,500	9·7	1·5
Un cheval	.....	4,500 à 5,000	10·9	1·8
250 poules de 4 liv. chacune	1,000	6,000 à 9,000	17·1	2·4
10 moutons	.....	4,500 à 5,000	10·9	1·6
5 porcs de 200 liv. chacun	1,000	4,000 à 6,000	11·5	1·7
3 truies de 400 liv. chacune	1,200	4,000 à 5,000	10·2	1·5

[1] La quantité d'eau contenue dans l'air peut s'exprimer en humidité relative. Si 100 pieds cubes d'air à 52°F. renferment une once d'eau lorsqu'il est totalement saturé, l'humidité relative est de 100 p. 100. Lorsque ce cube d'air renferme ½ once d'eau, soit seulement la moitié de l'eau qu'il peut contenir, l'humidité est de 50 p. 100. S'il en renferme ¾ d'once, l'humidité relative est de 75 p. 100.

(1) La vapeur d'eau produite ou libérée par les animaux peut varier beaucoup suivant les conditions ambiantes et autres éléments. Le tableau vaut pour une température d'environ 50°F. Une livre de vapeur d'eau correspond à 7,000 grains. Les chiffres qui figurent au tableau ont été tirés de divers ouvrages.

Volume d'air nécessaire pour éliminer l'humidité d'une vacherie

La quantité d'air nécessaire pour éliminer l'humidité d'une vacherie varie beaucoup suivant la température et l'humidité de l'air à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment. Il faut un fort volume d'air lorsque la température extérieure est à peu près la même que la température intérieure. Un cube relativement faible d'air suffit à expulser l'humidité si la température extérieure est basse car l'air froid absorbe plus de vapeur d'eau lorsqu'il est amené à la température de l'étable.

Besoins d'air par temps froid

L'air froid, même saturé, transporte une très faible quantité de vapeur d'eau. A une température de —20°F., 100 pieds cubes d'air saturé ne contiennent que 16 grains de vapeur d'eau. Cet air admis dans une étable où la température atteint 50°F. peut alors contenir 308 grains de vapeur d'eau même s'il n'est qu'aux trois quarts saturé. Ainsi chaque 100 pieds cubes d'air peut entraîner 308 moins 16 grains, soit 292 grains. Si une vache laitière libère environ 70 grains de vapeur d'eau par minute, 100 pieds cubes d'air suffiront donc pour quatre vaches. Une vache aura ainsi besoin de 25 pieds cubes d'air par minute.

Besoins d'air par temps doux

Par temps doux, l'air à l'extérieur de l'étable transporte une masse considérable de vapeur d'eau; il n'en absorbera donc pas beaucoup lorsqu'il traversera l'étable. L'air à une température de 45°F. et aux trois quarts saturé renferme 257 grains de vapeur d'eau avant d'entrer dans le bâtiment. Dans ces conditions, il faut environ 140 pieds cubes d'air par minute pour éliminer la vapeur d'eau dégagée par une vache.

Variation des besoins en air

Les besoins de ventilation d'une vacherie peuvent donc varier d'environ 25 pieds cubes à 140 pieds cubes ou davantage par minute par vache laitière, lorsque la température extérieure varie de —20 degrés à +45 degrés Fahrenheit. Si la température extérieure devient à peu près égale à celle de l'étable, le volume d'air requis est tellement considérable qu'on effectue alors la ventilation en ouvrant les portes et les fenêtres de l'étable. Lorsqu'on garde des bovins dans une étable pendant l'été, les ventilateurs servant au refroidissement doivent avoir un débit d'au moins 150 pieds cubes d'air par minute par vache laitière. (Consulter les tableaux 1 et 2 et les tables A et B en annexe.)

La quantité d'eau par cinq porcs de 200 livres est à peu près égale à celle qu'élimine une vache laitière. Deux cent cinquante poules de quatre livres rejettent une quantité à peu près équivalente d'eau. (Consulter le tableau 1.)

TABLEAU 2.—VOLUME D'AIR NÉCESSAIRE PAR MINUTE POUR ÉLIMINER LA VAPEUR D'EAU LIBÉRÉE PAR UNE VACHE LAITIÈRE

Conditions extérieures		Conditions dans l'étable		Volume d'air nécessaire par vache, par minute
Température	Humidité	Température	Humidité	
F.	p. 100	F.	p. 100	pieds cubes par minute
45	75	50	75	140
40	80	50	75	88
40	75	50	75	75
20	75	50	75	34
0	75	45	75	31
−20	90	40	75	35
−20	100	50	75	25

NOTE.—La quantité de vapeur d'eau libérée par les animaux varie beaucoup suivant les conditions ambiantes. Les chiffres ci-dessus se fondent sur un rejet de 70 grains de vapeur d'eau par minute par vache.

Production de chaleur

Les animaux forment ordinairement la seule source de chaleur dans les vacheries; la quantité de chaleur dégagée par une vache laitière est à peu près égale à celle qu'émettent dix à quinze lampes de 200 watts chacune. De cette quantité restreinte de chaleur pouvant servir à maintenir de bonnes conditions dans l'étable, il s'en perd une certaine partie par les murs et le plafond. La proportion conservée dépend de l'isolation des murs, et de la température et des conditions atmosphériques à l'extérieur.

Production de chaleur, ventilation et isolation

Il est impossible de bien ventiler une vacherie si les murs et les plafonds ne sont pas isolés de façon à conserver assez de chaleur pour réchauffer l'air introduit dans l'étable. Le degré d'isolation nécessaire dépend de la température extérieure, de la grandeur de la vacherie et du nombre d'animaux qui y sont logés.* Une étable qui n'est pas remplie à capacité est plutôt froide et est difficile à ventiler pour cette raison. Une petite étable comprend ordinairement une surface de mur par animal supérieure à celle d'une grande étable; elle exige donc une meilleure isolation. De même un bâtiment dans une région froide demande plus d'isolation qu'un autre situé dans un endroit au climat plus chaud.

Les porcheries, étables à veaux et poulaillers sont souvent munis d'un poêle ou autre appareil de chauffage qui maintient une température convenable permettant une bonne ventilation. Tout dispositif de chauffage dans une étable doit être placé à un endroit d'où la chaleur peut se répartir dans tout le bâtiment. Aucun mur ni séparation ne doit nuire à la circulation de l'air réchauffé.

Température

La température régnant à l'intérieur de l'étable est un facteur important pour maintenir des conditions ambiantes appropriées et une bonne ventilation.

Température dans les vacheries

D'après des expériences récentes sur les conditions ambiantes favorables aux vaches laitières, une température qui varie entre 40 et 60 degrés Fahrenheit ne modifie pas sensiblement la production du lait chez la vache laitière attachée

TABLEAU 3.—CHALEUR DÉGAGÉE PAR LES ANIMAUX

Espèce et nombre d'animaux	Poids en livres	Chaleur dégagée par heure en B.T.U.
Une vache laitière Holstein	1,000	2,000 à 3,200
Une vache laitière Jersey	750	1,800 à 2,400
Un cheval	1,000	1,800 à 2,400
Cinq porcs, de 200 livres chacun	1,000	3,000 à 4,000
Dix porcs de 100 livres chacun	1,000	4,000 à 4,500
Dix moutons	.....	3,000 à 3,500
250 poules de 4 livres chacune	1,000	10,000

NOTE.—Une B.T.U. (unité thermique anglaise) représente la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'une livre d'eau d'un degré Fahrenheit.
La quantié de chaleur dégagée par les animaux est fonction des conditions ambiantes et d'autres facteurs.
Un kilowatt d'électricité (1,000 watts) équivaut à 3,412 B.T.U. Ainsi, quatre grille-pain de 250 watts chacun dégagent à peu près la même chaleur qu'une vache de 1,200 livres. Toute cette chaleur cependant ne peut servir à la ventilation.

* Se référer au chapitre traitant de l'isolation des bâtiments de ferme.

dans une stalle.[1] Il n'est donc pas nécessaire de maintenir une température uniforme dans une vacherie pendant tout l'hiver. Toutefois, il importe d'éviter les changements brusques de température, de fournir une ventilation qui maintienne l'étable sèche et d'avoir un système d'aération installé de façon que les courants d'air frais ne frappent pas les animaux. (Voir le tableau 4.)

Dans le cas de la stabulation libre, où les bovins ne sont pas placés dans des stalles, les vaches laitières endurent les basses températures sans apparemment subir de mauvais effets pourvu qu'elles soient bien protégées contre le vent et les courants d'air. Dans ces étables, les diminutions brusques de température peuvent abaisser la production de lait mais cette diminution est temporaire. Ordinairement, les étables à stabulation libre sont ouvertes sur une partie d'un mur et l'air peut circuler librement. On n'a donc pas besoin d'un système de ventilation.

Température dans les porcheries et les poulaillers

Personne n'a encore déterminé la température optimum pour les porcs mais il semble qu'une température de 50 degrés convienne aux porcs adultes, tandis qu'une température de 60 à 70 degrés est à recommander pour les cases de mise-bas.

Les volailles peuvent s'adapter à une très grande variation de température et donner une production satisfaisante d'œufs. Dans les poulaillers commerciaux, où la température est réglée, on maintient ordinairement les thermostats entre 40 et 50 degrés.

TABLEAU 4.—VARIATION DE LA TEMPÉRATURE DANS LA VACHERIE

Conditions climatiques locales	Zone climatique*	Température moyenne en janvier*	Température dans l'étable
		F.	F.
Doux	A	+35° à +25°	50° à 60°
Tempéré	B	+25° à +15°	45° à 55°
Frais	C	+15° à + 5°	40° à 50°
Froid	D	+ 5° à − 5°	35° à 45° ou 50°

* Voir la carte indiquant les zones de température.

Température, circulation de l'air et humidité

Les principes fondamentaux de la ventilation reposent sur l'effet qu'exercent les changements de température sur les propriétés de l'air. L'air réchauffé augmente de volume, tandis que son poids par pied cube diminue. A zéro degré Fahrenheit, 100 pieds cubes d'air saturé pèsent 8.62 livres et à 50 degrés, 7.75 livres. Comme l'air froid est plus lourd lorsqu'il entre dans l'étable, il a tendance à descendre vers le plancher. Dès qu'il est réchauffé par les animaux ou par un poêle, il devient plus léger et s'élève. On recommande donc d'installer près du plafond un orifice par lequel l'air frais et pur peut pénétrer dans l'étable. Cet air froid descendra vers le plancher le long du mur et se mêlera avec l'air de l'étable pour se réchauffer partiellement. En même temps, l'air vicié et chaud de l'étable, qui est plus léger, s'élèvera et s'échappera par la cheminée d'évacuation s'il en existe une. On peut ainsi assurer une circulation continue de l'air.

[1] Rapports du *Animal Psychroenergetic Laboratory*, ministère de l'Agriculture des États-Unis, Columbia, Missouri, 1948 et 1949.

Il ne faut pas laisser entrer l'air froid dans l'étable à un niveau peu élevé, sous une porte mal fermée, par exemple, car ainsi l'air froid et lourd demeure près du plancher sans pouvoir se réchauffer et cause un courant d'air froid.

Les cases formées de quatre murs pleins ne peuvent être bien ventilées. Le mur avant des cases à veaux et porcs devrait être à claire-voie de façon à laisser l'air circuler facilement.

Température, humidité et condensation

L'air complètement saturé de vapeur d'eau peut absorber d'autre vapeur d'eau si sa température s'élève mais il abandonnera de la vapeur d'eau si sa température s'abaisse. Par exemple, l'air complètement saturé à zéro degré contiendra environ 47 grains de vapeur d'eau; si on le réchauffe à 50 degrés, il pourra en contenir 410. Cependant, si la température de l'air s'abaisse, ne serait-ce que d'un degré, il abandonnera immédiatement de la vapeur d'eau. Si l'air dans une étable est complètement saturé, tous les murs, fenêtres et portes des bâtiments seront mouillés ou humides même lorsque la température des murs ne sera que d'un degré inférieur à la température de l'air. (Voir les tables A et B en annexe.)

FIGURE 1.—La cheminée d'évacuation de l'air vicié est située près du centre de cette étable. Les deux autres orifices sur le toit servent à l'aération du fenil. La cheminée située au premier plan sert à l'installation de chauffage de la cuisine.

Lorsque la ventilation est suffisante, l'air de l'étable n'est pas complètement saturé et aucune condensation ne se produit, à moins que les murs ne soient relativement froids. Par exemple, si la température de l'air dans l'étable est de 50 degrés Fahrenheit et son humidité relative de 50 p. 100, aucune vapeur d'eau ne se condensera sur les murs à moins que la température de ces derniers ne soit inférieure à 32 degrés. La condensation de la vapeur d'eau ne présente donc pas de problème dans les étables bien aérées et convenablement isolées.

S'il se produit de la condensation sur un mur de l'étable, il suffit d'isoler le mur afin de rendre cette surface plus chaude et d'installer un orifice d'admission pour l'air froid et sec. L'air frais absorbera l'humidité et abaissera le degré hygrométrique de l'air dans ce coin du bâtiment.

Problèmes spéciaux que pose la condensation de la vapeur d'eau

Lorsque les planches ou autres matériaux sont fixés au-dessous des solives pour former le plafond de l'étable, il arrive parfois que de la vapeur d'eau se condense sur ce plafond près des murs. Cet état de choses provient ordinairement de ce que l'air froid a pénétré dans les murs à l'endroit où ces derniers supportent les solives. On peut empêcher la condensation en enlevant les planches du plancher du fenil ou celles du plafond près du mur et en arrêtant le courant d'air froid avec un chevêtre bien ajusté entre les solives ou encore avec un matériau isolant.

Les chambres situées sur le fenil, en haut de l'escalier conduisant à l'étable, sont souvent humides à cause de la vapeur d'eau qui s'y condense. Si ces pièces sont complètement recouvertes d'un ou deux pieds de foin qui jouera le rôle d'un isolant, la condensation sera moins considérable. Des panneaux isolants peuvent également servir à recouvrir ces pièces.

La condensation de la vapeur d'eau sur les fenêtres se produit dans la plupart des étables parce que le verre est un pauvre isolant et la vapeur d'eau se dépose sur le verre lorsqu'il est froid. L'emploi de contre-fenêtres est la seule façon de diminuer cette condensation.

VENTILATION PAR CONDUCTION NATURELLE

Dans le système de ventilation par conduction naturelle, une cheminée ou conduit vertical sert à éliminer l'air vicié de l'étable, tandis que l'air frais pénètre par des orifices d'admission situés le long des murs extérieurs du bâtiment. La circulation d'air obtenue par ce système de ventilation tient à ce que l'air chaud est plus léger que l'air froid. Ainsi, l'air relativement chaud de l'étable tend à s'élever dans la cheminée à mesure qu'il est poussé par l'air froid pénétrant par les orifices d'admission.

Pour obtenir la circulation de l'air ou la ventilation par le système à tirage naturel, il importe que la température à l'intérieur de l'étable soit plus élevée que celle de l'extérieur. On peut obtenir une température plus élevée dans l'étable s'il y a suffisamment de chaleur dans le bâtiment pour réchauffer l'air frais qui sert à l'aération. Les murs et le plafond de l'étable ont ordinairement besoin d'isolation afin de conserver la chaleur qui maintiendra une température appropriée à l'intérieur.

Pour assurer la circulation de l'air dans la cheminée verticale d'évacuation, il faut aussi que ce conduit soit parfaitement isolé pour garder chaud et léger l'air évacué et lui permettra ainsi de s'élever dans le conduit. L'isolation de la cheminée d'appel est un élément extrêmement important pour obtenir une circulation de l'air par cette méthode de ventilation.

On obtient une répartition convenable de l'air frais à l'intérieur de l'étable en installant de nombreux orifices d'admission le long des murs du bâtiment. Plus le nombre des prises d'air est grand et plus leur section est petite, mieux est réparti l'air frais dans l'étable.

Fonctionnement du système à tirage naturel

Lorsqu'il est bien installé et employé sagement, un système à tirage naturel peut fournir assez d'aération pour les étables. Ce mode de ventilation est cependant soumis à certaines limites car son fonctionnement varie suivant les

écarts de température survenant tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'étable. Lorsque la température de l'étable est relativement élevée et que la température extérieure est basse, le système par conduction naturelle réussit parfaitement à faire circuler l'air dans le bâtiment. Toutefois, lorsque la température est à peu près la même à l'extérieur qu'à l'intérieur, le rendement du système est restreint, surtout durant les périodes de temps relativement doux alors que la différence entre la température extérieure et la température de l'étable est inférieure à 20 degrés. Lorsque la température extérieure varie d'environ 35 à 50 degrés Fahrenheit, on ne peut obtenir qu'une ventilation limitée ou insuffisante.

Réglage d'un système par conduction naturelle

Comme le degré d'aération obtenu d'un système à tirage naturel varie suivant la différence entre la température de l'étable et celle de l'extérieur, il importe d'ajuster ou de régler continuellement le système de ventilation. Il faut fermer graduellement les orifices d'admission à mesure que la température extérieure descend et, par temps extrêmement froid, il convient même de diminuer l'ouverture de la cheminée d'évacuation. Un réglage fréquent du système est donc nécessaire pour maintenir une température assez constante dans l'étable lorsqu'on recourt à la ventilation par conduction naturelle.

Si l'on veut que le système de ventilation fonctionne bien, il faut garder fermés les abat-foin et la porte des escaliers reliant l'étable et le fenil. Si ces ouvertures ne sont pas fermées, l'air chaud et humide s'élèvera dans le fenil et se condensera sous le toit de la grange. De plus, lorsqu'il y a perte de chaleur de cette façon, la cheminée d'évacuation fonctionne mal. On peut fermer les abat-foin au moyen d'une porte à coulisse ou une trappe installée dans le plafond de l'étable.

Construction et installation de la cheminée d'évacuation dans les vacheries et les porcheries

Il est facile de construire une cheminée d'évacuation droite de section rectangulaire car aucune habileté extraordinaire n'est nécessaire pour construire un conduit de ce genre. On peut le bâtir progressivement en partant de la section inférieure de l'étable jusqu'au toit ou encore l'assembler presque complètement sur le plancher de l'étable et le hisser en place après avoir percé une ouverture suffisante dans le toit du bâtiment.

Détails de construction

Une cheminée d'évacuation comprend cinq parties: 1) quatre poteaux corniers qui forment le châssis de la cheminée, 2) une paroi de bois ou un panneau de fibre trempé placé sur les poteaux pour donner de la rigidité et de la force à la cheminée, 3) une couche de papier hydrofuge ou autre matériau servant à éloigner l'humidité de la substance isolante, 4) un revêtement isolant et 5) un capuchon pour coiffer la cheminée. (Voir le dessin de la cheminée d'évacuation.)

Charpente

Lorsque la cheminée de sortie mesure 3 pieds sur 3 pieds ou moins, les poteaux corniers comprennent ordinairement quatre longueurs de 2 par 4. Pour les conduits de section plus grande, on utilise ordinairement des poteaux de 3 par 4 pouces. Lorsqu'on commence la construction de la cheminée, on choisit des poteaux de longueurs différentes de façon que les joints soient

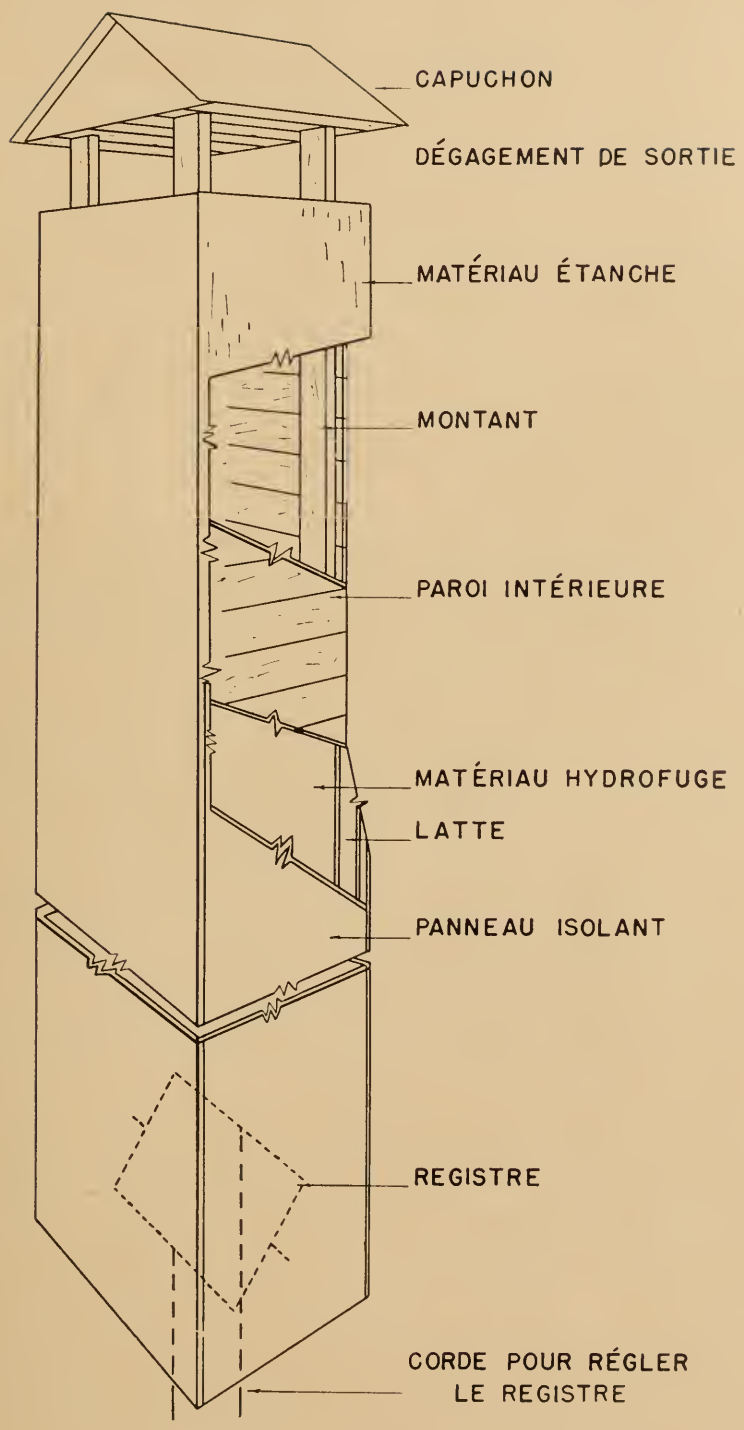


FIGURE 2.—Les cheminées d'appel sont des conduits droits à section rectangulaire. L'isolation est nécessaire à leur bon fonctionnement. Il en va de même du matériau hydrofuge.

disposés en chicane. Une cheminée qui dépasse le toit de l'étable peut être appuyée par une entretoise ou une tige fixée au sommet du toit. Le sommet de la cheminée doit toujours dépasser d'au moins 2 pieds celui de l'étable.

Paroi intérieure

La cheminée peut être formée de bois ou de panneaux de fibre trempes que l'on cloue aux poteaux corniers. La paroi peut être embouvetée ou non; il suffit que la surface extérieure soit assez unie pour qu'on puisse la recouvrir facilement d'un papier hydrofuge.

Matériaux hydrofuges

Un matériau hydrofuge parfois appelé coupe-vapeur, est une partie essentielle d'une cheminée d'évacuation. Il empêche la vapeur d'eau provenant de l'air chaud et humide de l'étable de saturer les matériaux isolants posés à l'extérieur de la cheminée.

On peut utiliser à cette fin du papier spécial hydrofuge, du papier à couverture léger en rouleaux, des feuilles de métal ou autres matériaux semblables. Le papier goudronné ordinaire ou le papier ciré mince ne constituent pas des hydrofuges satisfaisants. Le papier hydrofuge doit être fixé à l'extérieur de la paroi qui forme la cheminée. Les feuilles doivent chevaucher d'au moins deux pouces aux joints. Comme les papiers hydrofuges et les feuilles de métal se vendent en rouleaux d'environ 30 pouces de large, il est plus pratique de placer le papier dans le sens de la longueur de la cheminée.

Isolation

Il importe que la cheminée d'appel, dans un système à tirage naturel, soit bien isolée; autrement, elle ne fonctionnera pas efficacement. L'air chaud qui pénètre dans la cheminée doit être gardé chaud jusqu'à ce qu'il atteigne le sommet du conduit parce que l'air chaud s'élève, tandis que l'air froid a tendance à demeurer dans la cheminée.

Divers matériaux et moyens peuvent fournir l'isolation désirée. Plus la cheminée est isolée, plus elle est chaude et plus le tirage est fort. Du point de vue de la rentabilité, toutefois, un conduit dont la résistance isolante ou calorifuge est d'environ cinq unités donnera de bons résultats.

Voici un exemple d'une cheminée isolée: poteaux corniers, paroi de bois, papier hydrofuge ou papier à couverture en rouleau et deux panneaux isolants d'une épaisseur totale d'un pouce. La partie de la cheminée qui dépasse le toit peut être recouverte de n'importe quel papier à couverture afin de le protéger contre les intempéries. Consultez le chapitre traitant de l'isolation des bâtiments de ferme pour d'autres méthodes de construction et d'autres matériaux.

La paille hachée peut également servir à isoler une cheminée d'aération pourvu que le conduit soit bien recouvert d'un papier hydrofuge qui protège la paille contre l'humidité. La partie de la cheminée qui se trouve dans le fenil peut être isolée si l'on fixe des poteaux à chaque coin du conduit à environ un pied de distance de ce dernier. On entoure les poteaux d'un treillis en fil de fer pour ensuite remplir l'espace entre le treillis et la cheminée avec de la paille. On peut également empiler des balles de foin autour de la cheminée et les fixer en place avec du fil de fer. Pour la partie située au-dessus du toit il est plus pratique d'utiliser un des matériaux isolants du commerce.

Capuchon

On fixe au-dessus de la cheminée un capuchon afin d'empêcher la pluie ou la neige de pénétrer à l'intérieur du conduit. Le capuchon est ordinairement à deux pentes ou en pavillon. Peu importe la forme de son toit, il doit présenter une surface plate ou plafond à sa base de sorte que l'air dégagé par la cheminée frappera cette surface et ne s'engouffrera pas dans le capuchon. Ce dernier repose ordinairement sur les quatre poteaux de la cheminée qui dépassent le conduit lui-même.

La distance qui sépare le sommet de la cheminée et le bas du capuchon doit mesurer environ 12 pouces pour une cheminée de 24 sur 24 pouces, 18 pouces pour une cheminée de 36 sur 36 pouces, 24 pouces pour une cheminée de 48 sur 48 pouces et 30 pouces pour une cheminée de 60 sur 60 pouces. Les avances du capuchon ne doivent pas dépasser le plafond situé à sa base.

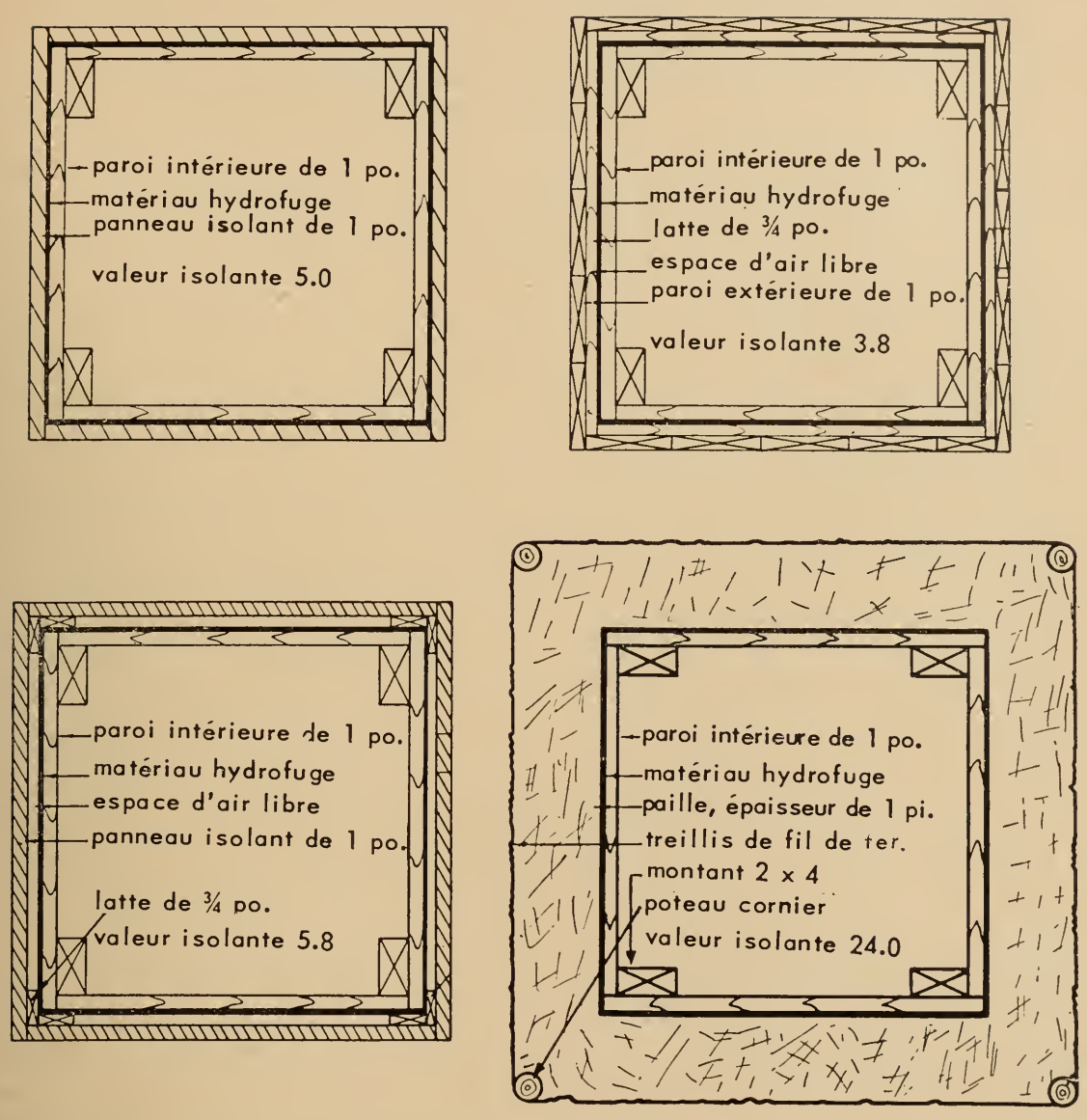


FIGURE 3.—Voici quatre coupes transversales de cheminées d'appel dont la valeur isolante varie de 3·8 à 24·0. On peut utiliser avec profit de la paille à l'intérieur du bâtiment mais il faut alors employer un matériau isolant du commerce sur la partie de la cheminée qui dépasse le toit. Bien remarquer la position du matériau hydrofuge.

Régulateur ou registre

Un registre est ordinairement nécessaire dans une cheminée pour régler ou diminuer le degré d'aération dans une étable lorsque la température est particulièrement froide. Ce régulateur peut être fermé par une porte à coulisse placée à l'embouchure de la cheminée dans l'étable ou encore une soupape à papillon fixée à une tige traversant le centre de la cheminée.

Une soupape à papillon est ordinairement préférable à une porte à coulisse car elle ne se coince ni ne colle si le bois devenu humide se gonfle. Le papillon est ordinairement de deux pouces plus petit que la section intérieure de la cheminée; il est donc facile de le déplacer et de le régler. Il faut bien équilibrer le papillon sur la tige transversale située au centre et servant de charnière. Le registre se maintiendra alors dans n'importe quelle position sans qu'il soit nécessaire de recourir à un étrier ou à un dispositif de blocage. Deux cordes ou câbles fixes au registre pourront servir à régler la soupape fixée près du plafond de l'étable.

Position de la cheminée d'évacuation dans les vacheries, les porcheries et les bergeries

La position de la cheminée d'évacuation dépend de la disposition de l'étable et de sa construction générale. La grande variation dans la forme et la grandeur des étables permet de choisir plusieurs positions; nous présentons plus bas les règles générales qui pourront servir de guide pour déterminer la place qui convient le mieux à la cheminée d'évacuation.

(1) La cheminée doit se trouver dans une partie de l'étable où on peut la construire en ligne droite. Les cheminées rectilignes fonctionnent mieux que celles qui comportent des courbes et des angles et sont plus faciles à construire et à isoler.

(2) Comme il importe que l'air chaud pénètre dans la cheminée, cette dernière doit se trouver dans une partie relativement chaude de l'étable. Dans les étables bien aérées où la température est à peu près la même partout, diverses positions donneront de bons résultats. Toutefois, il faut placer l'orifice de sortie à au moins six pieds de toute porte donnant sur l'extérieur et de préférence à au moins six pieds de tout mur extérieur.

(3) L'extrémité inférieure ou bouche d'admission de la cheminée doit se trouver au plafond de l'étable ou près du plancher. S'il est possible de placer la cheminée dans une partie de l'étable où se trouve des cases à veaux, elle peut commencer près du plancher sans nuire à la disposition de l'étable. Toutefois, s'il n'existe pas d'endroit de ce genre, la partie inférieure de la cheminée peut être placée au plafond de l'étable, au dessus d'une case, d'un couloir ou d'une stalle. (Consulter le chapitre traitant des ventilateurs, persiennes et thermostats de même que la note qui paraît à la fin de ce chapitre.)

(4) La longueur totale de la cheminée doit atteindre au moins 25 pieds et de préférence 30 pieds ou davantage.

(5) L'extrémité supérieure de la cheminée doit dépasser d'au moins deux pieds le faîte de la grange. Une cheminée construite dans un bâtiment adjacent à un autre plus haut doit être aussi élevée que le faîte du bâtiment le plus haut.

(6) Il suffit d'une cheminée par étable. Deux ou plusieurs conduits pourront être utilisés avec de bons résultats seulement dans les étables comprenant deux ou plusieurs parties distinctes divisées par des murs munis de portes qui sont tenues fermées lorsque l'une ou l'autre partie ne sert pas. Dans une grange divisée au rez-de-chaussée par une allée pour voitures, il est nécessaire de construire une cheminée d'évacuation pour chaque partie de l'étable.

(7) Dans les étables dont le fenil est muni d'un rail aérien pour fourche à foin, on place ordinairement la cheminée à au moins quatre pieds de la ligne centrale de l'étable de façon à laisser un passage suffisant pour une fourchée de foin. Il faut également disposer la cheminée de façon que les poutres ou supports principaux du bâtiment ne gênent pas la construction du conduit.

(8) Lorsque l'étable est chauffée artificiellement, il faut placer la cheminée dans une partie chaude du bâtiment mais à une bonne distance du poêle ou de l'appareil de chauffage. Une cheminée située près de l'appareil de chauffage

---

Note—Les caveaux de pommes de terre et autres bâtiments semblables peuvent également être aérés au moyen de la cheminée d'évacuation décrite dans le bulletin car le principe de la cheminée se fonde sur les propriétés et la circulation de l'air. Tous les autres principes généraux relatifs à la circulation de l'air et à l'isolation s'appliquent également aux entrepôts dont la température intérieure est maintenue à un niveau supérieur à celui de la température extérieure.

fonctionnerait très bien, mais il y aurait perte excessive de chaleur par la cheminée. On place donc cette dernière à une distance de 8 à 16 pieds de l'extrémité de l'étable qui est la plus éloignée du poêle.

Grandeur de la cheminée d'évacuation dans les vacheries, les porcheries et les bergeries

La grandeur de la cheminée d'évacuation de l'air vicié dans une vacherie ou une porcherie varie suivant le nombre d'animaux dans le bâtiment, la hauteur ou longueur de la cheminée et la température ou les conditions climatiques de la région où se trouve l'étable. Il faut une plus grande cheminée pour une grande étable renfermant un nombre considérable d'animaux que pour une petite étable. Par ailleurs, une cheminée courte exerce un tirage moins fort qu'une cheminée longue. C'est pourquoi, il faut une section plus grande pour une cheminée relativement courte que pour un conduit plus long. Comme la quantité d'air qui circulera dans une cheminée dépend de la différence entre la température intérieure et la température extérieure, on emploie ordinairement des cheminées à section plus grande dans les régions chaudes que dans les régions froides.

Dimensions de la cheminée d'appel dans une vacherie

La grandeur et les dimensions d'une cheminée d'évacuation de l'air vicié peuvent être calculées de la façon suivante:

(1) Estimez le poids global de tous les animaux dans l'étable et calculez le nombre d'unités animales de 1,000 livres. Par exemple, 20 vaches pesant chacune 1,200 livres et 10 jeunes bovins pesant 600 livres chacun forment un poids global de: 20 par 1,200 plus 10 par 600 = 30,000 livres, soit 30 unités animales.

(2) Calculez la hauteur de la cheminée d'évacuation projetée, c'est-à-dire la distance du plancher de l'étable à la longrine la plus élevée du toit. Supposons que cette distance est de 35 pieds.

(3) Déterminez dans quelle zone climatique l'étable se trouve en consultant la carte qui figure à la page 19. Supposons que la ferme se trouve dans la zone "C". (Les villes de Fredericton (N.-B.); Joliette (P.Q.); Ottawa (Ont.); Sudbury (Ont.); Maple-Creek (Sask.); Calgary (Alb.); et Prince-George (C.-B.) sont situées dans cette zone climatique.)

(4) Consultez le tableau 5 intitulé "Section des sorties d'air vicié ou cheminées d'évacuation dans les vacheries" qui indique le nombre de pouces carrés de section nécessaires par unité animale. Par exemple, une cheminée de 35 pieds dans une étable située dans la zone "C" exige une section de 29 pouces carrés par unité animale d'après le tableau 5.

(5) La section totale de la cheminée s'obtient en multipliant la surface nécessaire par unité animale par le nombre d'unités animales dans l'étable. Par exemple, une étable dont les animaux pèsent 30,000 livres et représentent 30 unités animales, exige une cheminée égale à 30 pouces sur 29 pouces, soit 870 pouces carrés, lorsque la hauteur de la cheminée est d'environ 35 pieds.

TABLEAU 5.—SECTION DES SORTIES D'AIR VICIÉ OU CHEMINÉES D'ÉVACUATION DANS LES VACHERIES

(Pouces carrés par unité animale de 1,000 livres)

Zone climatique et température moyenne	Hauteur de la cheminée, du plancher de l'étable jusqu'au sommet de la cheminée				
	25 pieds	30 pieds	35 pieds	40 pieds	45 pieds
Zone climatique "A", température moyenne de janvier +35° à +25°F	44 po. car.	41 po. car.	38 po. car.	36 po. car.	35 po. car.
Zone climatique "B", température moyenne de janvier +25° à +15°F	40 po. car.	36 po. car.	33 po. car.	31 po. car.	30 po. car.
Zone climatique "C", température moyenne de janvier +15° à +5°F	36 po. car.	32 po. car.	29 po. car.	27 po. car.	26 po. car.
Zone climatique "D", température moyenne de janvier +5° à −5°F	33 po. car.	29 po. car.	26 po. car.	24 po. car.	23 po. car.

NOTE.—La section minimum d'une cheminée d'évacuation doit être de 324 pouces carrés, soit 18 pouces sur 18 pouces.

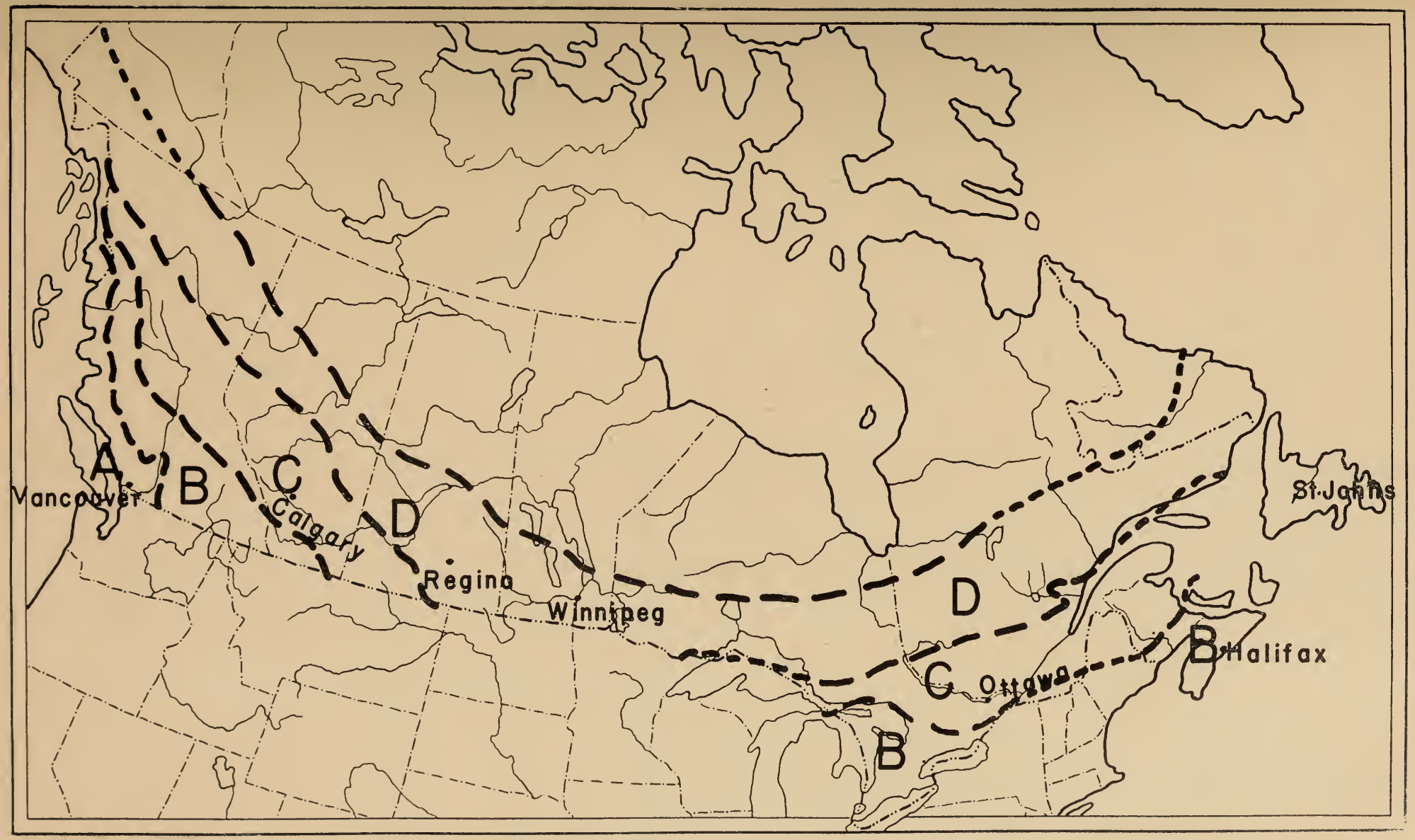


FIGURE 4. Quatre zones climatiques figurent sur cette carte qui s'emploie avec les tableaux 5 et 6.

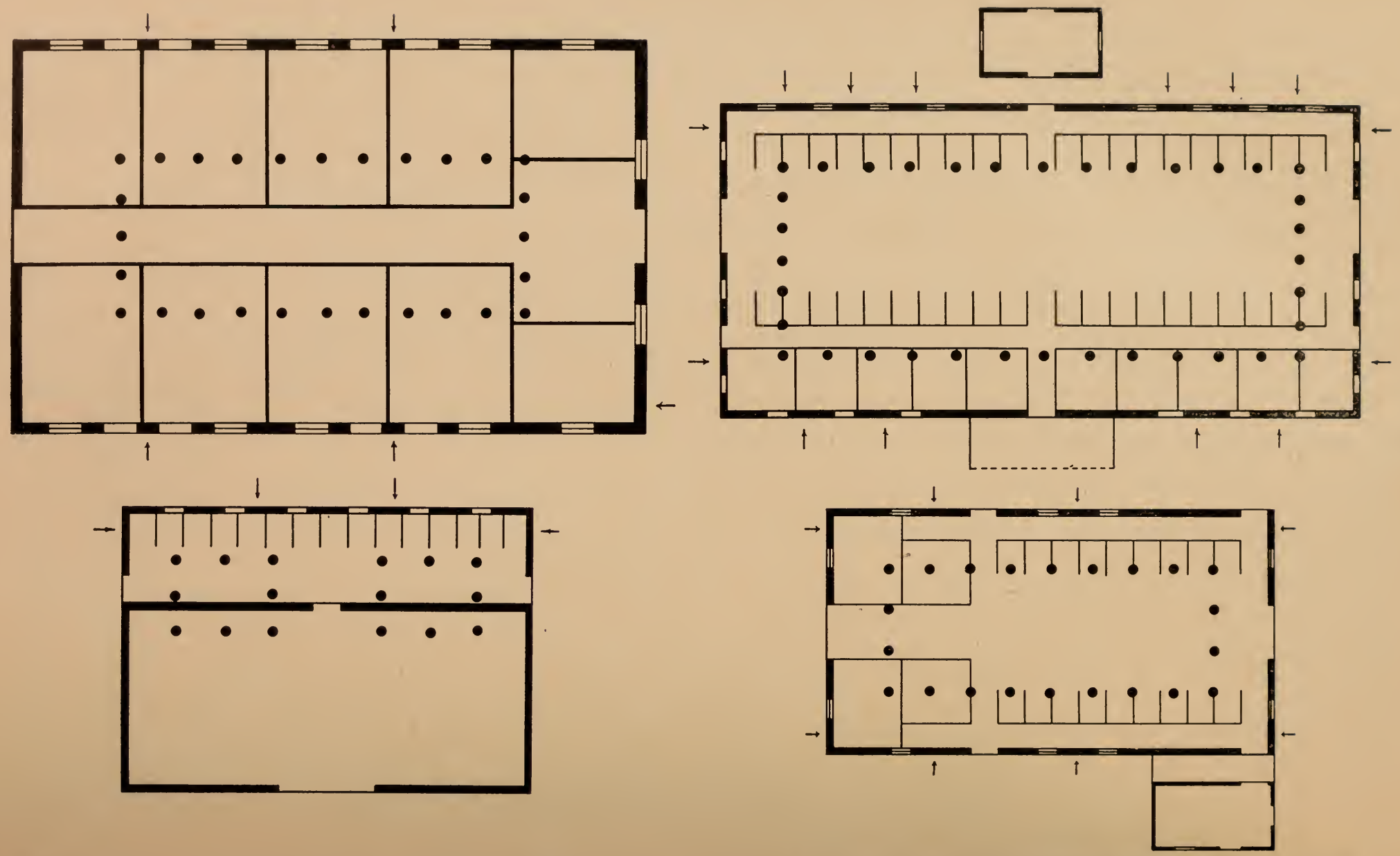


FIGURE 5. Placez la cheminée d'appel dans une partie chaude de l'étable, de préférence à l'intérieur des aires délimitées par des points dans les plans.

(6) On peut trouver les dimensions d'une cheminée de diverses sections dans le tableau numéro 7 intitulé "Dimensions des sorties d'air vicié ou cheminées d'évacuation". Par exemple, une cheminée d'une section de 870 pouces carrés mesurera à l'intérieur environ 30 pouces sur 30 pouces*.

Dimensions de la cheminée d'évacuation dans une porcherie

Les cheminées d'évacuation des porcheries doivent être d'un quart plus grandes par unité animale que les sorties d'air vicié dans les vacheries. Voici la façon de calculer les dimensions d'une cheminée pour une porcherie:

(1) Supposons qu'une porcherie peut abriter 7 truies de 400 livres chacune et 50 porcs d'un poids moyen de 120 livres; le poids total est de 8,800 livres, soit à peu près 9 unités animales de 1,000 livres.

(2) Supposons de plus que la hauteur du bâtiment du plancher au faîte est de 30 pieds et que la porcherie se trouve à Brandon (Man.).

(3) D'après la carte des zones de température, qui paraît à la page 19, la ferme est située dans la zone "D". Si l'on se reporte au tableau 6 intitulé "Section des sorties d'air vicié ou cheminées d'évacuation dans les porcheries", le nombre de pouces carrés de la section de la cheminée qui y figure est de 36 par unité animale dans le cas d'une cheminée de 30 pieds située dans la zone "D". La section totale pour 9 unités animales est donc égale à 36 multiplié par 9, soit 324 pouces carrés.

(4) Les dimensions d'une cheminée de section égale à 324 pouces carrés, qui figurent au tableau 7, sont d'environ 18 sur 18 pouces.

TABLEAU 6.—SECTION DES SORTIES D'AIR VICIÉ OU CHEMINÉES D'ÉVACUATION DANS LES PORCHERIES

(Pouces carrés par unité animale de 1,000 livres)

Zone climatique et température moyenne	Hauteur de la cheminée, du plancher du bâtiment jusqu'au sommet de la cheminée			
	25 pieds	30 pieds	35 pieds	40 pieds
Zone climatique "A", température moyenne de janvier +35° à +25°F	56 po.car.	51 po. car.	47 po. car.	45 po. car.
Zone climatique "B", température moyenne de janvier +25° à +15°F	50 po. car.	45 po. car.	41 po. car.	39 po. car.
Zone climatique "C", température moyenne de janvier +15° à +5°F	45 po. car.	40 po. car.	36 po. car.	34 po. car.
Zone climatique "D", température moyenne de janvier +5° à −5°F	41 po. car.	36 po. car.	32 po. car.	30 po. car.

Note.—Une cheminée d'évacuation doit avoir une section mesurant au moins 18 sur 18 soit 324 pouces carrés.
Une unité animale de 1,000 livres correspond à 5 porcs de 200 livres chacun ou 10 porcs de 100 livres chacun.

Dimensions de la cheminée d'évacuation dans une bergerie

Les bergeries comptent ordinairement des ouvertures ou portes situées le long d'un mur du bâtiment et lorsque plusieurs de ces portes sont ouvertes, l'air circule facilement. En pareil cas, aucun système spécial d'aération n'est nécessaire. Toutefois, si les portes sont tenues fermées, la bergerie devient souvent humide; l'installation d'une cheminée d'évacuation dans ces conditions peut améliorer la ventilation pourvu qu'il y ait assez de chaleur dans la bergerie pour faire circuler l'air dans la cheminée. Si la bergerie compte

* Dans un caveau à pommes de terre pouvant contenir de 5,000 à 15,000 boisseaux, la section normale d'une cheminée d'appel de 30 pieds est de 1½ pied carré par 1,000 boisseaux.

un bon nombre d'animaux et si le bâtiment est assez isolé, le système fonctionnera de la même façon que dans une vacherie. Les dimensions de la cheminée de sortie peuvent être calculées de la même manière que dans le cas d'une vacherie. (Consultez les tableaux 5 et 7).

TABLEAU 7.—DIMENSIONS DES SORTIES D'AIR VICIÉ OU CHEMINÉES D'ÉVACUATION

Section de la cheminée en pouces carrés	Dimensions de la cheminée en pouces	Section de la cheminée en pouces carrés	Dimensions de la cheminée en pouces
A^1	B^1	A^2	B^2
324	18 x 18	2,020	47 x 47
350	18 x 20	2,250	47 x 48
400	20 x 20	2,300	48 x 48
450	21 x 22	2,350	48 x 49
500	22 x 23	2,400	49 x 49
550	23 x 24	2,450	49 x 50
600	24 x 25	2,500	50 x 50
650	25 x 26	2,550	50 x 51
700	26 x 27	2,600	51 x 51
750	27 x 28	2,650	51 x 52
800	28 x 29	2,700	52 x 52
850	29 x 29	2,750	52 x 53
900	30 x 30	2,800	53 x 53
950	31 x 31	2,850	53 x 54
1,000	31 x 32	2,900	54 x 54
1,050	32 x 33	2,950	54 x 55
1,100	33 x 33	3,000	54 x 55
1,150	34 x 34	3,050	55 x 55
1,200	34 x 35	3,100	55 x 56
1,250	35 x 36	3,150	56 x 56
1,300	36 x 36	3,200	56 x 57
1,350	37 x 37	3,250	57 x 57
1,400	37 x 38	3,300	57 x 58
1,450	38 x 38	3,350	58 x 58
1,500	38 x 39	3,400	58 x 59
1,550	39 x 40	3,450	58 x 59
1,600	40 x 40	3,500	59 x 59
1,650	40 x 41	3,550	59 x 60
1,700	41 x 42	3,600	60 x 60
1,750	42 x 42	3,650	60 x 61
1,800	42 x 43	3,700	60 x 62
1,850	43 x 43	3,750	60 x 63
1,900	43 x 44	3,800	61 x 62
1,950	44 x 44	3,850	62 x 62
2,000	44 x 45	3,900	62 x 63
2,050	45 x 45	3,950	63 x 63
2,100	46 x 46	4,000	63 x 64
2,150	46 x 47	4,050	64 x 64

Installation et construction des orifices d'admission de l'air frais

Afin d'obtenir une répartition égale de l'air frais dans une étable, il faut soigner particulièrement la construction et l'installation de prises d'air convenables. L'installation de ces orifices est tout aussi importante que celle d'une cheminée d'évacuation ou d'un ventilateur.

Position des prises d'air

Bien que la position des bouches d'entrée de l'air frais puisse varier beaucoup suivant la disposition de l'étable, les règles suivantes permettront l'installation convenable des prises d'air dans presque tous les bâtiments.

(1) De façon générale, les orifices d'admission doivent être placés le long de tous les murs extérieurs et être répartis de façon à laisser l'air frais pénétrer dans toutes les parties de l'étable. (Examiner les vues en plan horizontal des étables.)

(2) Il faut installer une prise d'air près de chaque coin du bâtiment de façon à éliminer l'humidité des coins. De plus, il faut placer une bouche d'admission dans chaque partie séparée de l'étable telles que la sellerie et la laiterie. Lorsque la sellerie, la laiterie ou la salle d'alimentation sont séparées de l'étable par des murs et une porte, il convient de percer une ouverture dans le mur ou la porte. L'air pourra alors circuler dans la salle, pénétrer dans l'étable et sortir par la cheminée d'aération.

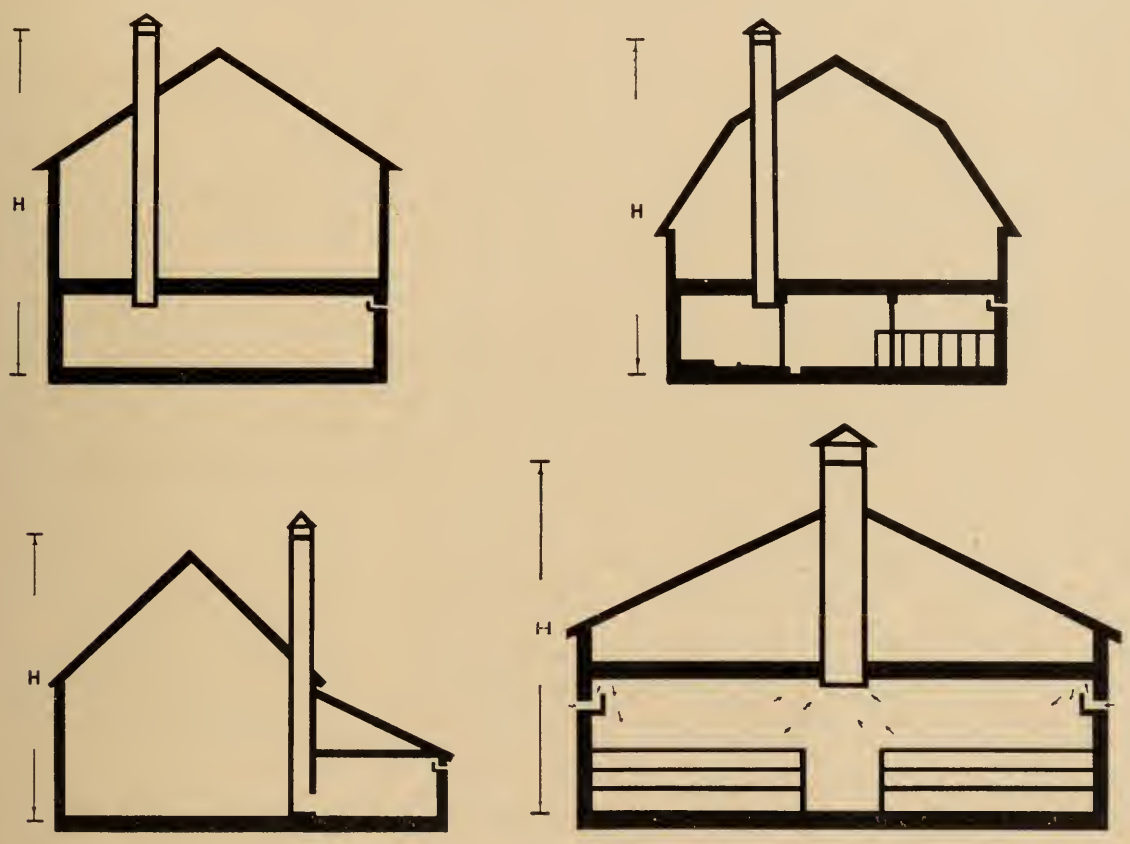


FIGURE 6. La hauteur de la cheminée d'appel se mesure du plancher au sommet du conduit. Les tableaux 5, 6 et 7 donnent les dimensions des cheminées d'appel. Les prises d'air placées près du plafond de l'étable sont réparties le long des murs.

(3) Il convient d'installer une bouche d'admission additionnelle dans chaque partie de l'étable où la vapeur d'eau a tendance à se condenser sur les murs ou le plafond. L'admission d'air froid et sec aidera à éliminer cette humidité.

(4) Les prises d'air seront installées à au moins 10 pieds de la cheminée d'évacuation de l'air vicié et, de même à au moins 10 pieds du ventilateur électrique dans une petite grange et à au moins 15 ou 20 pieds dans une grande étable.

Construction des prises d'air

On peut construire les prises d'air frais dans les vacheries, porcheries et bergeries de la façon suivante:

(1) Il importe que l'air froid pénètre dans l'étable de façon à se répandre et à se mêler avec l'air chaud avant d'entrer en contact avec les animaux. C'est pourquoi, il faut construire les bouches d'admission de façon que l'air qui pénètre dans l'étable soit dirigé vers le haut contre le plafond ou se répande latéralement le long des murs de l'étable.

Les orifices qui laissent entrer l'air frais près des planchers ne donnent pas de bons résultats car l'air qui pénètre de cette façon crée des courants d'air sur le plancher. On recourt souvent aux châssis basculant vers l'intérieur pour laisser entrer l'air dans une étable lorsque la température extérieure varie entre 45° et 55°F. Toutefois, il n'est pas bon d'utiliser ces châssis comme orifices d'admission lorsque la température est froide car les châssis inclinés dirigent le courant froid contre le plafond juste au-dessus des animaux et l'air retombe sur le dos des animaux avant d'avoir été assez réchauffé par l'air de l'intérieur.

(2) On installe ordinairement des orifices d'admission de façon à admettre l'air dans l'étable à environ 8 à 14 pouces au-dessous du plafond. Dans les étables de bois, on peut percer directement les murs pour installer les prises d'air; le haut du trou doit être alors de 8 à 14 pouces au-dessous du plafond. Les trous percés pour installer un orifice ordinaire de 4 pouces sur 16 doivent mesurer environ 17½ pouces de large et 5½ pouces de haut, ce qui laisse assez d'espace pour le bois qui forme le conduit d'admission. Dans les étables dont les murs sont de pierre ou de ciment, on peut construire les conduits d'admission près du plancher du fenil et diriger l'air dans l'étable. Ces dernières prises d'air et les orifices ordinaires sont illustrés aux figures 7 et 8.

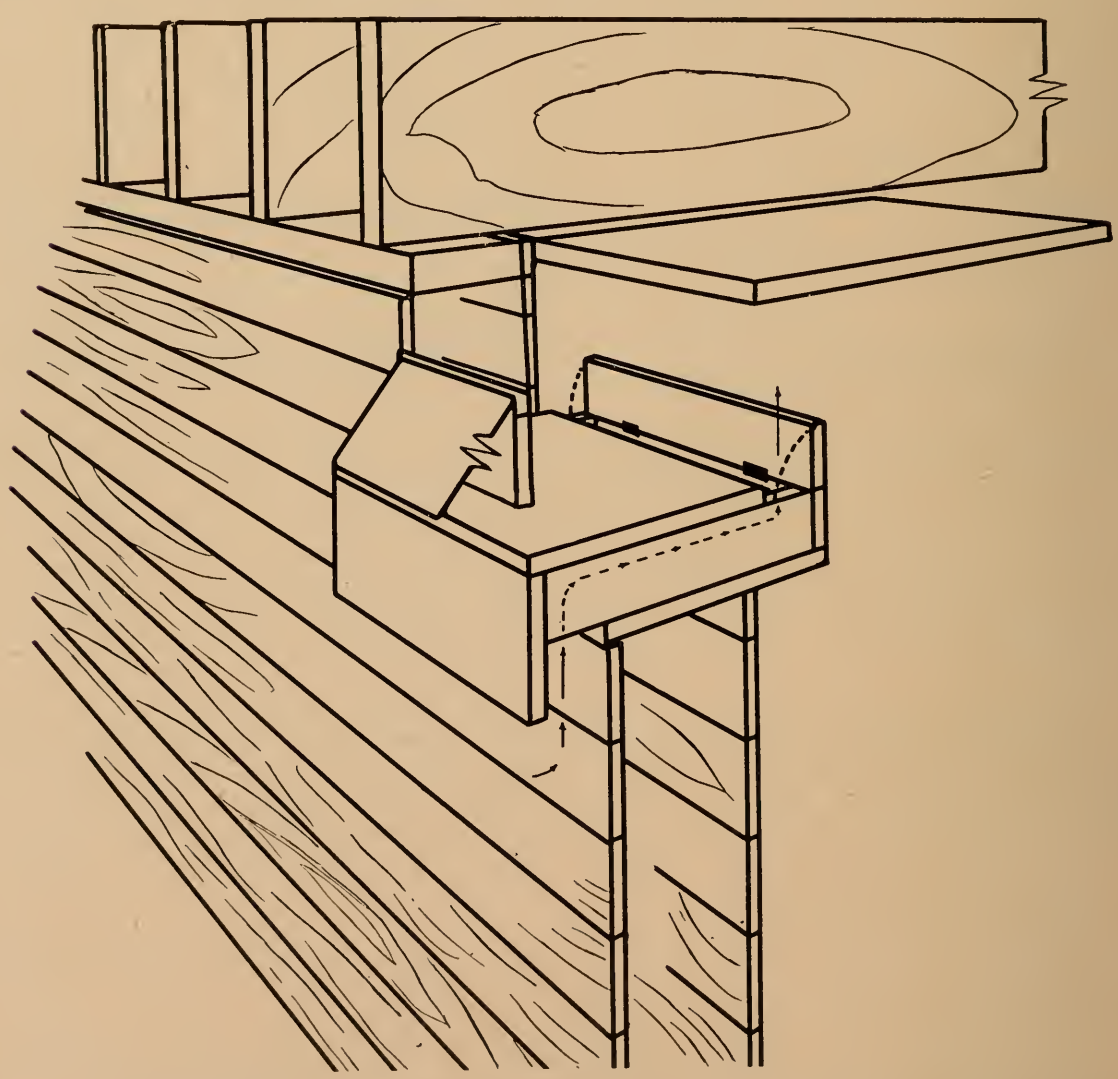


FIGURE 7. On peut utiliser des prises d'air ordinaires sur les murs des bâtiments en bois. On laisse entrer l'air à environ 12 pouces au-dessous des solives. S'il n'y a pas de plafond au-dessous des solives, on place une planche de 2 pieds carrés directement au-dessus de l'ouverture de façon à diriger l'air froid vers le bas. Remarquer le registre sur charnière qui peut servir à régler le passage de l'air.

(3) Chaque prise d'air doit être munie à l'extérieur d'un volet fixe qui empêche le vent de pénétrer directement dans l'étable. Il convient aussi de placer un capuchon de bois ou de métal au-dessus de la prise d'air pour la protéger contre la pluie.

Au besoin, on peut remplacer le volet fixe par un volet mobile ou registre à l'ouverture des conduits situés du côté des vents dominants. Un volet à cette fin peut être formé d'une feuille mince d'aluminium ou de fer galvanisé fixée à une tige de fer d'un huitième de pouce qui sert de charnière. Dans un orifice de section ordinaire mesurant 4 pouces sur 16, le volet devra mesurer environ 6 pouces sur 16. La tige de charnière est posée juste au-dessous de la planche qui forme le dessus du conduit et le volet est placé à environ 5 pouces du mur extérieur de l'étable à l'extrémité du conduit. En l'absence de vent, le volet garde une position verticale et l'air pénètre par l'espace compris entre le bas du volet et le mur de l'étable. Lorsque le vent souffle, il pousse la partie inférieure du volet vers l'intérieur et bouche ainsi l'orifice. Ce volet a donné d'excellents résultats par temps de forts vents.

(4) On place un registre dans chaque conduit d'admission à l'intérieur de l'étable de façon à pouvoir régler la quantité d'air admise. Les bouches ordinaires sont munies d'une planche d'un pouce sur charnière qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté. Le volet est ordinairement d'un demi-pouce plus étroit

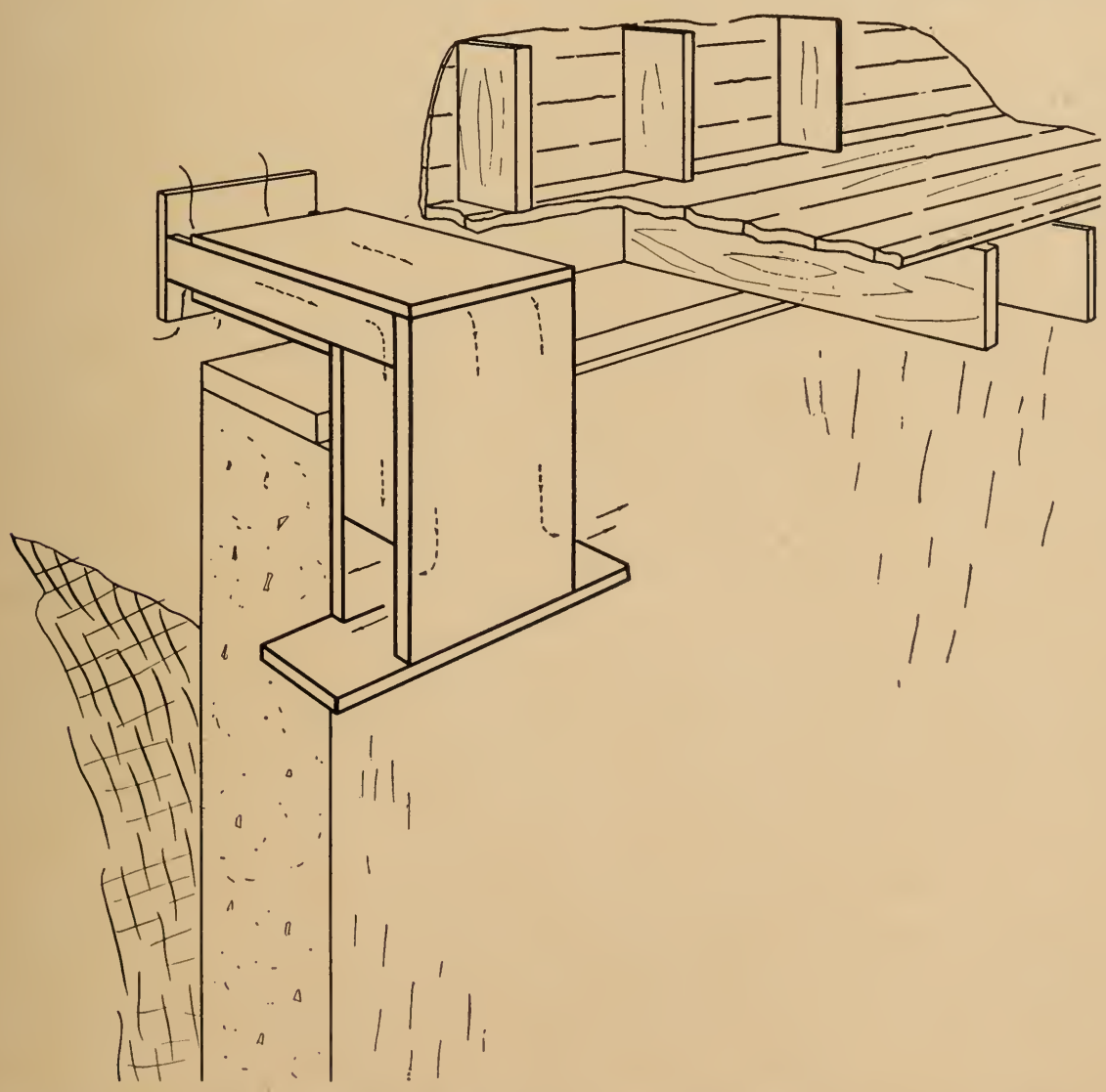


FIGURE 8. On peut utiliser le modèle de prise d'air illustré ci-dessus sur les murs de béton et de maçonnerie ou dans le cas des étables dont les murs sont rechaussés. Noter le volet placé à l'extrémité de la prise d'air.

que l'ouverture de l'orifice de façon à permettre à un peu d'air de pénétrer dans l'étable même lorsqu'il est fermé. Dans le cas des conduits spéciaux pour étables à mur de béton, on peut placer de petits blocs de bois ou des briques sur le conduit en guise de régulateur. (Voir les illustrations de bouches d'admission.)

(5) Les conduits d'admission sont ordinairement construits de bois d'un pouce ou de trois quarts de pouce. La section du conduit doit être la même sur toute la longueur de façon que le passage de l'air ne soit gêné à aucun endroit.

Dimensions des prises d'air

Dans les vacheries, porcheries et bergeries munies d'un système de ventilation par conduction naturelle, les prises d'air frais ont ordinairement une section de 16 pouces carrés par unité animale de 1,000 livres. Cette règle générale au sujet de la grandeur des bouches d'entrée vaut pour les bâtiments dont les portes, les murs et les châssis sont assez hermétiques. Dans un bâtiment qui n'est pas aussi bien construit et où l'air peut s'infiltrer passablement, une section de 10 à 12 pouces carrés par 1,000 livres de bétail peut être suffisante.

Prises d'air dans les vacheries

Il faut établir les dimensions des orifices dans les vacheries suivant les besoins de chaque installation. Une prise ordinaire de 64 pouces carrés de section et mesurant 4 pouces sur 16, ou 8 pouces sur 8 peut suffire pour trois ou quatre vaches. Dans une étable à deux rangées de stalles, ces orifices seront placés le long des murs à des distances variant entre 14 et 17 pieds. Il convient de percer de petites entrées de 16 pouces carrés, soit 2 pouces sur 8 dans chaque loge à taureau et case à veau et dans la sellerie.

Prises d'air dans les porcheries

La section d'un orifice ordinaire pour une porcherie est de 32 pouces carrés; l'ouverture peut alors mesurer 2 pouces sur 16 ou 4 pouces sur 8. Un conduit de cette grandeur admettra assez d'air pour les porcs enfermés dans deux cases ou pour un nombre d'animaux équivalant à 2,000 livres. Lorsque les cases d'une porcherie sont disposées en deux rangées, les orifices seront placés le long des murs à intervalles de 18 à 20 pieds. On peut ajouter de petites prises d'air de 2 pouces sur 8 près des cases à mise bas et dans les salles d'alimentation, qui ont également besoin d'aération.

Prises d'air dans les bergeries

Dans les bergeries, les prises d'air doivent avoir une section de 16 pouces carrés par 1,000 livres de bétail. On peut recourir à des conduits de diverses dimensions mais les plus grands ne devraient pas avoir plus de 64 pouces carrés. On espace les ouvertures le long des murs suivant les besoins.

VENTILATION PAR CONDUCTION FORCÉE

Dans la ventilation par conduction forcée, ce sont des ventilateurs actionnés par un moteur électrique qui évacuent l'air chaud, vicié et humide de l'étable, tandis que l'air frais pénètre par des prises d'air semblables à celles qu'utilisent les systèmes à tirage naturel. La conduction forcée permet de faire circuler un volume déterminé d'air dans l'étable indépendamment des conditions atmosphériques, pourvu qu'il y ait assez de chaleur pour réchauffer l'air admis dans l'étable et maintenir ainsi la température intérieure à un niveau convenable.

Avantages et inconvénients de la ventilation par conduction forcée

Un système de ventilation par conduction forcée bien installé dans une étable bien construite est, à plusieurs égards, de beaucoup supérieur à la ventilation par conduction naturelle, mais seules les fermes munies de l'électricité peuvent l'employer. Grâce à ce système, il est possible de garder l'air de l'étable frais et exempt de toute odeur désagréable. Les avantages sont encore plus marqués par temps doux lorsque la température extérieure s'écarte de moins de 15 degrés de la température de l'étable; pareille condition restreint en effet le bon fonctionnement du système à tirage naturel.

Un ventilateur électrique muni d'un thermostat permet de régler automatiquement la température de l'étable de façon à peu près complète. Il faut naturellement régler les orifices d'entrée de l'air lorsque des vents forts soufflent; par ailleurs, le système par conduction naturelle exige le réglage très fréquent des orifices d'admission et d'évacuation. Les ventilateurs électriques améliorent beaucoup la ventilation dans presque tous les bâtiments; il n'en faut pas moins entretenir les ventilateurs et moteurs, autrement ils ne donneront pas de bons résultats.

Ventilateurs et accessoires pour l'aération des étables

Modèles de ventilateurs électriques

Trois modèles de ventilateurs électriques peuvent servir à l'aération des étables: les ventilateurs ordinaires à une vitesse; les ventilateurs à deux vitesses ou les ventilateurs actionnés par un moteur à deux vitesses; et les ventilateurs actionnés par une courroie reliée à un moteur à une seule vitesse mais tournant à deux, trois ou quatre vitesses grâce à l'emploi d'une poulie à gradins. On peut donc recourir pour la ventilation des étables à tout un choix de ventilateurs possédant diverses qualités et propriétés.

Les fabricants indiquent la puissance ou capacité de tous les modèles de ventilateurs d'après le nombre de pieds cubes d'air que ces ventilateurs déplacent lorsqu'ils sont dirigés vers l'extérieur. Les catalogues des fabricants donnent également la puissance du ventilateur lorsque le courant d'air est dirigé contre certaines pressions. Le débit d'air pour une contre-pression de $\frac{1}{8}$ de pouce est l'unité de puissance utilisée dans le cas des vacheries car les ventilateurs qu'on y emploie doivent ordinairement déplacer l'air contre une certaine force ou pression de vent.

Les ventilateurs ordinaires sont actionnés par un moteur à une seule vitesse et leurs pales sont rattachées directement à l'arbre du moteur; ces ventilateurs n'ont qu'une seule puissance de débit de l'air. Les moteurs dont la vitesse ordinaire est de 1,725 révolutions par minute sont recommandés car les moteurs à petite vitesse de force inférieure à $\frac{1}{2}$ H.P. (cheval anglais) ne donnent pas de bons résultats lorsqu'il s'agit de déplacer l'air contre le vent. (Consulter le tableau 8).

Les moteurs à deux vitesses actionnant les ventilateurs ont habituellement une vitesse ordinaire de 1,725 r.p.m. et une petite vitesse de 1,140 r.p.m. A grande vitesse, leur puissance est égale à celle des modèles correspondants de ventilateurs ordinaires, tandis qu'à petite vitesse leur débit d'air est d'environ 60 p. 100 du débit ordinaire. Une commande manuelle à deux vitesses sert ordinairement à régler le mouvement de ces ventilateurs. On peut les munir d'un thermostat qui fera arrêter et repartir le moteur, mais le changement de vitesse se fait ordinairement à la main.

Les ventilateurs actionnés par une courroie peuvent tourner à deux, trois ou quatre vitesses différentes, grâce à des poulies à gradins placées sur le moteur et sur le ventilateur. Pour obtenir ces différents débits d'air, il faut déplacer à la main la courroie sur les différentes poulies afin d'ajuster la circulation de l'air aux besoins de l'étable. On peut recourir à un thermostat pour arrêter et faire repartir ces ventilateurs, mais le thermostat n'effectue pas lui-même les changements dans le débit de l'air.

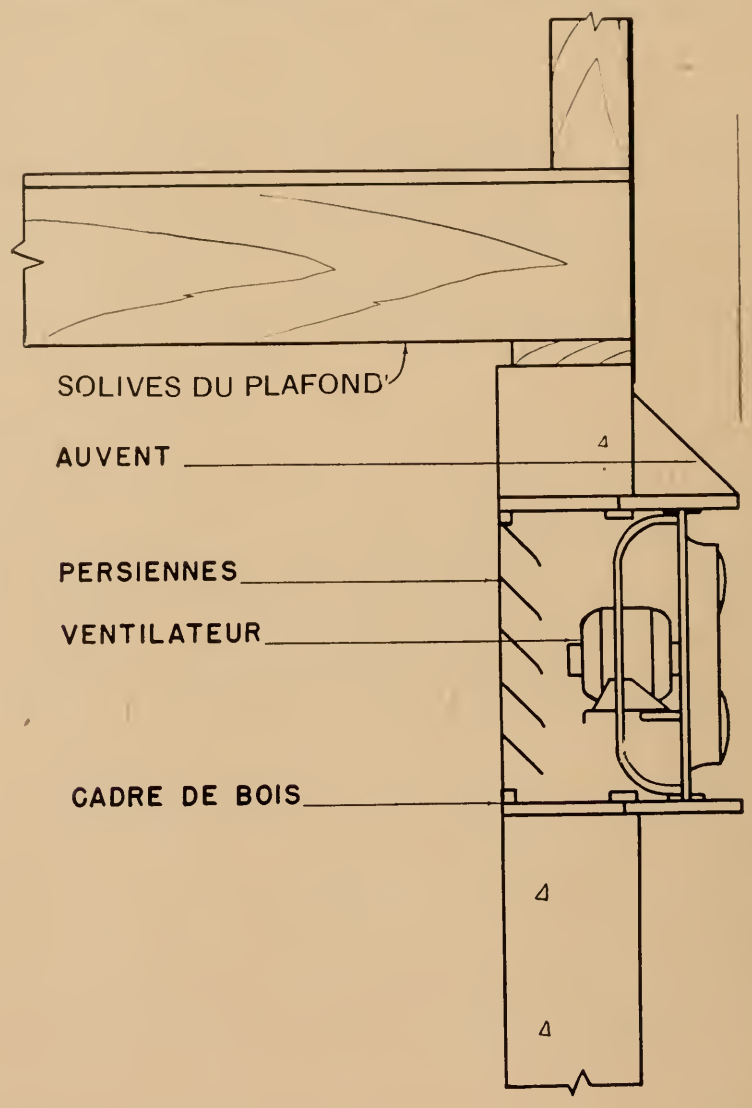


FIGURE 9. On installe ordinairement un ventilateur dans le mur d'une étable ou d'une grange près du plafond. Dans l'illustration ci-dessus les persiennes sont à l'intérieur du mur afin de diminuer les risques de gelée. On place parfois un déflecteur de 3 pieds sur 3 en avant du ventilateur à une distance d'environ 2 pieds du mur de l'étable.

Moteurs pour ventilateurs

Les moteurs qui actionnent les ventilateurs servant à l'aération des étables devraient toujours être renfermés dans des carters conçus pour fonctionner dans une atmosphère chargée de beaucoup d'humidité. Ces moteurs exigent également des roulements à billes spécialement conçus pour un fonctionnement continu. Ces roulements doivent être bien graissés. Il est important de placer des disjoncteurs de surcharge ou à maximum sur les fils électriques alimentant chaque moteur afin de protéger le moteur et le bâtiment. On devrait utiliser un disjoncteur dont l'ampérage est assez faible pour s'assurer la plus grande protection possible. (Voir le tableau 8.) Seul un électricien compétent devrait installer tous les fils électriques reliant les moteurs, disjoncteurs et thermostats;

le travail devra être bien inspecté. Il faut de plus installer un fusible distinct sur chaque moteur et toute l'installation doit être conforme aux normes électriques approuvées pour la localité.

TABLEAU 8.—PUISSANCE DES VENTILATEURS ÉLECTRIQUES

Diamètre du ventilateur	H.P. (chevaux anglais) du moteur	Vitesse du moteur r.p.m.*	Débit en pieds cubes d'air par minute, aucune pression	Débit en pieds cubes d'air par minute, pression 1/8 pouce	Dimensions approximatives du cadre du ventilateur	Tension du réseau d'alimentation	Ampérage de l'interrupteur de surcharge
8 pouces.....	1/20	1,725	500	430	.....	110	.....
12 pouces.....	1/10	1,725	1,100	1,100	14″ x 14″	110	1/2 amp.
12 pouces.....	1/8	1,725	1,500	1,300	14″ x 14″	110	1 amp.
16 pouces.....	1/4	1,725	2,600	2,300	19″ x 19″	110	3 amp.
16 pouces.....	1/3	1,725	3,000	2,800	22″ x 22″	110	5 amp.
18 pouces.....	1/3	1,725	3,600	3,200	22″ x 22″	110	5 amp.
		.....	.....	.....	.....	220	2 amp.
	1/2	1,725	4,000	3,600	24″ x 24″	110	6 amp.
		.....	.....	.....	.....	220	3 amp.
20 pouces.....	1/2	1,725	5,400	3,900	24″ x 24″	220	3 amp.
	3/4	1,725	5,600	5,000	26″ x 26″	220	5 amp.
24 pouces.....	3/4	1,140	6,390	6,000	29″ x 29″	220	5 amp.
	1	1,725	8,500	7,600	31″ x 31″	220	5 amp.

*Les moteurs à petite vitesse (1,100 r.p.m.) ne sont pas à recommander pour les ventilateurs utilisés dans les étables sauf dans le cas des moteurs dont la puissance dépasse ½ cheval anglais (H.P.). Lorsque les ventilateurs fonctionnent à l'encontre des vents dominants, il convient d'employer un moteur à 1,725 r.p.m. avec les disjoncteurs de surcharge appropriés et de choisir la puissance du ventilateur donnée pour une pression statique du vent de ¼ de pouce dans les catalogues des fabricants.

Frais de force motrice pour les ventilateurs électriques

La quantité d'électricité utilisée pour le fonctionnement des ventilateurs électriques varie beaucoup suivant la puissance des ventilateurs, la température de l'étable, les conditions climatiques et autres facteurs connexes. On peut toutefois s'attendre que la consommation moyenne oscillera entre 2 et 3 kilowatt-heures par mois par vache dans le cas d'une vacherie. Si l'énergie coûte 2c. le kilowatt-heure, les frais atteindront environ 5c. par vache par mois soit environ 30c. par vache par année lorsque la stabulation dure 6 mois.

Thermostats

Les thermostats à action négative dont l'écart de température comprend de 40 à 60 degrés Fahrenheit servent à régler le fonctionnement des ventilateurs dans les vacheries et porcheries. Dans le cas d'un appareil réglé à 50 degrés Fahrenheit, il est possible d'ajuster l'écart différentiel à 3 degrés, de sorte que le ventilateur commencera à fonctionner lorsque la température de l'étable s'élèvera à 51½ degrés et s'arrêtera lorsque la température s'abaissera à 48½ degrés. Les thermostats employés pour les brûleurs ou fournaises à l'huile ont une action positive et ne peuvent servir à commander les ventilateurs dans les étables.

Persiennes pour ventilateurs

Pour empêcher l'air froid de pénétrer dans l'étable lorsque le ventilateur ne fonctionne pas, on fixe des persiennes ou des soupapes automatiques à tous les ventilateurs qui ne fonctionnent pas continuellement. Dans le cas d'une étable qui compte deux ventilateurs dont l'un fonctionne continuellement et l'autre est commandé par un thermostat, une persienne n'est nécessaire que sur le ventilateur muni d'un thermostat. Les distributeurs de ventilateurs électriques peuvent fournir ces persiennes qui sont ordinairement formée d'un

certain nombre de petits volets métalliques reliés par une tige de façon à en assurer le fonctionnement simultané. Il est bon d'enlever cette tige afin de permettre à chaque volet de fonctionner indépendamment, car le volet inférieur peut parfois être immobilisé par la glace.

Choix et installation des ventilateurs dans les étables

Bien des modèles de ventilateurs, persiennes et thermostats sont fabriqués pour la ventilation des bâtiments. Chaque genre de ces appareils peut servir à l'aération des étables pourvu qu'il donne de bons résultats dans les conditions qui existent dans les bâtiments ventilés. A cause de la grande variation dans la disposition et la construction des étables, il importe de présenter des principes généraux sur l'installation de ventilateurs électriques.

Puissance des ventilateurs et besoins d'air

Comme on l'a vu plus haut, le volume d'air nécessaire pour éliminer l'humidité d'une étable peut varier de 25 à 150 pieds cubes par minute par unité animale de 1,000 livres lorsque la température oscille entre —20 et +45 degrés Fahrenheit. Des ventilateurs dont la puissance est comprise dans ces limites peuvent être installés dans une étable, mais pour des raisons d'économie, on choisit ordinairement des ventilateurs qui fourniront un degré donné d'aération plutôt qu'une ventilation suffisante pour des conditions extrêmes. Le tableau 9 renferme des recommandations sur la puissance des ventilateurs dans les étables. Ces puissances sont données en nombre de pieds cubes par minute par unité animale de 1,000 livres et peuvent servir aux vacheries, porcheries ou bergeries.

A titre d'exemple, prenons le cas d'une étable qui abrite des animaux dont le poids atteint 40,000 livres, et qui est située près d'Ottawa dans la zone "C"; la puissance recommandée pour l'ensemble des ventilateurs est alors de 40 x 70, soit 2,800 pieds cubes par minute. (Voir la carte des zones de température à la page 19 et le tableau 9.)

Le nombre de ventilateurs installés dans une étable varie suivant le nombre d'animaux dans l'étable et la disposition du bâtiment. On emploie ordinairement un ventilateur dans les étables qui logent de 10 à 30 unités animales soit de 10,000 à 30,000 livres. Ce ventilateur fonctionne par intervalles suivant la température. On recourt cependant à deux étables qui comptent de 30 à 60 unités animales, de sorte qu'un ventilateur puisse fonctionner presque continuellement, tandis que le second fournit la puissance additionnelle nécessaire par temps doux. De même, deux ventilateurs, et de préférence trois, sont installés dans une étable abritant de 60 à 90 unités animales. (Consulter le tableau 10.)

TABLEAU 9.—PUISSANCES DES VENTILATEURS RECOMMANDÉES POUR L'AÉRATION DES ÉTABLES DANS DIVERSES ZONES CLIMATIQUES

Zone climatique et température moyenne de janvier	Puissance des ventilateurs en pieds cubes par minute par unité animale de 1,000 liv.
Zone climatique "A", +35° à +25°F	90 (amplitude normale-80 à 100)
Zone climatique "B", +25° à +15°F	80 (amplitude normale-70 à 90)
Zone climatique "C", +15° à +5°F	70 (amplitude normale-60 à 80)
Zone climatique "D", +5 °à −5°F	60 (amplitude normale-50 à 70)

NOTE.—Le volume d'air nécessaire pour éliminer l'humidité d'une étable peut varier de 25 à 150 pieds cubes par minute. Les puissances des ventilateurs qui figurent au tableau fournissent une ventilation nominale plutôt que la ventilation nécessaire dans des conditions extrêmes. Si les ventilateurs doivent servir à rafraîchir l'étable pendant l'été, la puissance devra dépasser 150 pieds cubes par minute par unité animale.

Position des ventilateurs

Les ventilateurs sont ordinairement disposés sur le côté opposé à celui qui reçoit les vents dominants; dans les étables où un ventilateur doit fonctionner à l'encontre des vents dominants le moteur utilisé doit être assez puissant pour faire marcher continuellement le ventilateur à pleine vitesse sans s'échauffer; il doit de plus être muni d'un disjoncteur de surcharge appropriée.

TABLEAU 10.—CHOIX DES VENTILATEURS POUR LES ÉTABLES

Nombre d'unités animales ou grandeur de l'étable[1]	Zone ou région climatique[2]	Nombre de ventilateurs	Nombre de thermostats	Modèle de ventilateur[3]	Volume d'air par unité animale, en pieds cubes par minute	Puissance des ventilateurs en pieds cubes[4]	
						Ventilateur à marche continue, pieds cubes par minute	Thermostat à marche intermittente, pieds cubes par minute
10–30	A	un	un	une vitesse	90	.....	90
10–30	A	un	un	2/3 vitesses	90	.....	50 et 90
30–60	A	deux	un	une vitesse	90	40	50
60–90	A	deux	un	une vitesse	100	50	50
10–30	B	un	un	une vitesse	80	.....	80
10–30	B	un	un	2/3 vitesses	80	.....	50 et 80
30–60	B	deux	un	une vitesse	80	35	45
60–90	B	deux	un	une vitesse	90	40	50
10–30	C	un	un	une vitesse	70	.....	70
10–30	C	un	un	2/3 vitesses	70	.....	40 et 70
30–60	C	deux	deux	une vitesse	70	.....	35 35
60–90	C	deux	un	une vitesse	80	20	60
10–30	D	un	un	une vitesse	60	.....	60
10–30	D	un	un	2/3 vitesses	60	.....	35 et 60
30–60	D	deux	deux	une vitesse	60	.....	30 30
60–90	D	deux	un	une vitesse	70	20	50

[1] Dans le cas des étables comptant 100 unités animales ou vaches laitières et davantage, on peut choisir les ventilateurs à raison d'un par 30 unités animales.

[2] Consulter la carte des zones climatiques.

[3] Les ventilateurs à deux vitesses peuvent être actionnés par un moteur à deux vitesses; les ventilateurs actionnés par une courroie peuvent tourner à deux, trois ou quatre vitesses grâce à des poulies à gradins.

[4] Puissance ou débit des ventilateurs en pieds cubes par minute par unité animale de 1,000 livres.

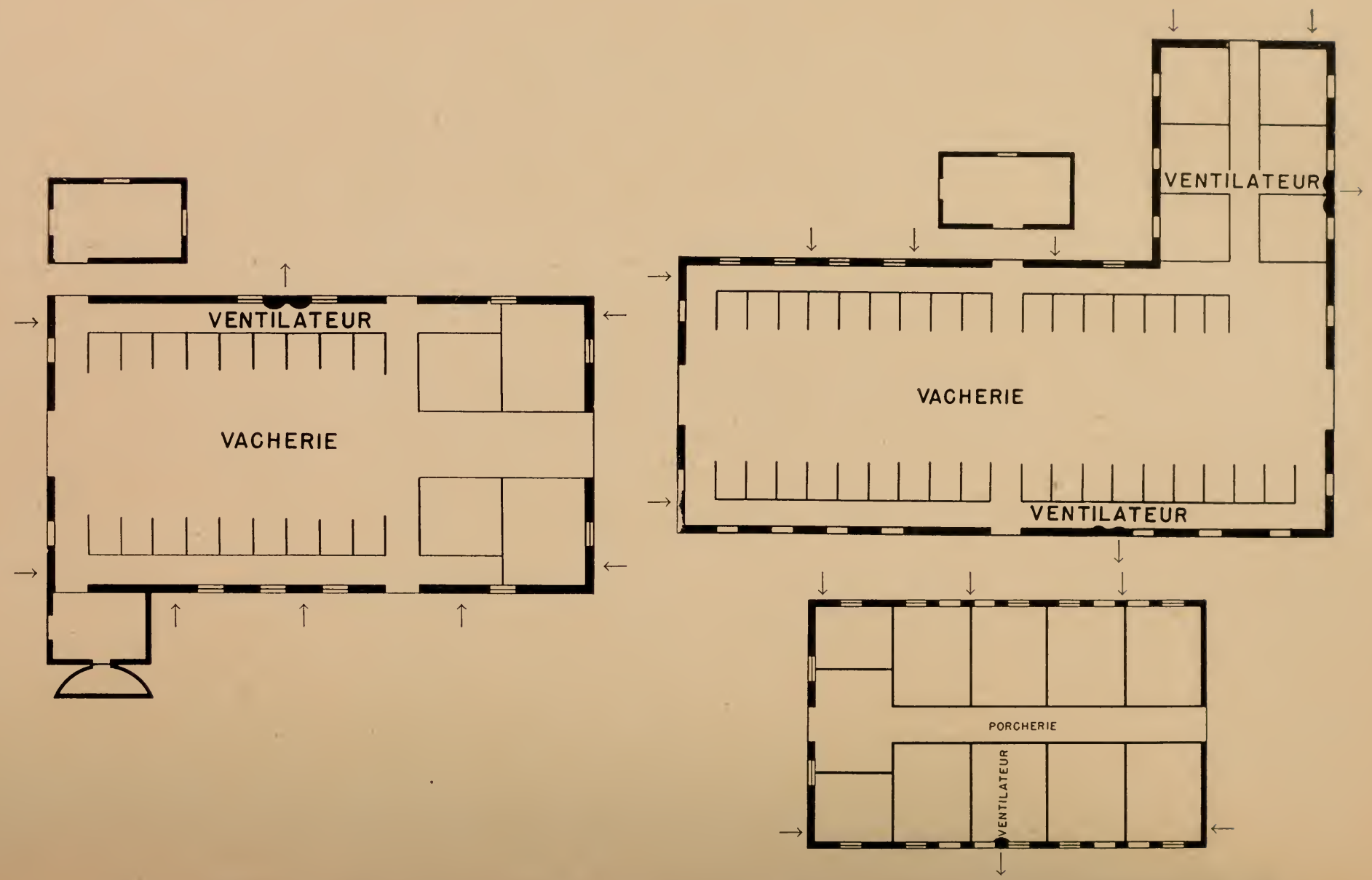


FIGURE 10. En général, les prises d'air sont réparties le long des murs de l'étable. Toutefois, si l'on veut faire circuler l'air dans tout le bâtiment, il ne faut pas installer de prises d'air près du ventilateur.

Lorsqu'on n'emploie qu'un ventilateur dans une étable on le place ordinairement au milieu d'un mur latéral de l'étable ou près du plus grand nombre d'animaux. Si on emploie par ailleurs deux ventilateurs dans une étable rectangulaire ordinaire comportant deux rangées de stalles et 30 à 60 unités animales, on peut placer les deux appareils l'un à côté de l'autre près du centre de l'étable. Dans le cas d'une étable rectangulaire munie de deux appareils et abritant de 60 à 90 unités animales, les deux appareils peuvent également être placés près du centre de l'étable à environ 20 à 40 pieds de distance; l'appareil à marche continue sera placé du côté le plus froid de l'étable. Lorsque deux ventilateurs servent à aérer une étable en forme de L dont l'aile renferme les cases à veaux, le ventilateur à faible débit qui fonctionne presque tout le temps peut être placé dans l'aile de l'étable et l'autre ventilateur près du centre de l'étable principale. Grâce à cette disposition, une partie de la chaleur de l'étable principale est attirée vers l'aile qui abrite les veaux.

Il ne faut pas placer les ventilateurs près de portes qui ne ferment pas très bien, parce que l'air froid se dirigera directement de la porte au ventilateur et ne circulera pas dans l'étable. Aucune prise d'air ne doit se trouver à moins de dix pieds des ventilateurs dans les petites étables, ni à moins de 15 pieds dans les bâtiments plus grands. Il ne faut pas non plus placer les ventilateurs dans les cheminées d'un ancien système de ventilation par tirage naturel parce que les cheminées produisent ordinairement une contre-pression résultant de la friction de l'air sur les parois du conduit.

Position des ventilateurs, persiennes et thermostats

On peut placer un ventilateur à n'importe quel niveau sur le mur d'une étable, entre le plafond et le plancher.*

Il n'existe pas de différence significative quant à la quantité de chaleur par livre d'eau éliminée de l'étable, que l'air soit expulsé près du plafond ou près du plancher. L'endroit le plus commode est à environ 5 ou 6 pieds du plancher, là où le ventilateur ne nuit pas au passage dans le couloir qui longe le mur. Il est inutile de construire un conduit allant du plancher au ventilateur.

Dans les régions dont le climat est relativement doux en hiver, on peut placer les persiennes à l'extérieur de l'étable. Dans les régions plus froides (zones C et D), on place les persiennes à l'intérieur de l'étable, alors que le ventilateur est placé du côté extérieur de l'étable. La chaleur de l'étable empêchera les persiennes de geler.

Le thermostat peut être placé à une distance de 2 à 20 pieds du mur extérieur de l'étable car il ne semble pas que son fonctionnement varie beaucoup suivant sa position. On le suspend ordinairement à un pied du plafond. Il ne faut toutefois pas le placer près d'une porte ni d'une prise d'air où il se trouverait dans un courant d'air froid.

---

* Dans une étude sur la ventilation des étables à Ottawa, on a installé des ventilateurs afin de savoir s'il fallait éliminer l'air près du plafond ou près du plancher. L'air expulsé près du plafond était plus chaud que l'air expulsé du plancher. Toutefois, en calculant le nombre de B.T.U. perdues par grain de vapeur d'eau éliminé de l'étable, il n'existait pas de différence significative entre la sortie de l'air près du plafond et celle près du plancher de l'étable. Les chiffres obtenus pendant cet essai indiquaient même qu'il y avait un léger avantage à expulser l'air près du plafond de l'étable.

Prises d'air pour systèmes de ventilation à conduction forcée

Les orifices d'admission de l'air frais utilisés dans les systèmes de ventilation à conduction forcée sont de modèle et de dimensions semblables à ceux qui sont utilisés dans la ventilation par tirage naturel; les mêmes règles et principes de construction s'appliquent également. Les détails relatifs aux prises d'air figurent au chapitre traitant de la ventilation par conduction naturelle.

ISOLATION DES BÂTIMENTS DE FERME

Il faut bien isoler les murs des bâtiments de ferme si l'on veut maintenir une température convenable à l'intérieur. Les entrepôts ont besoin d'isolation afin de bien protéger les produits tels que les fruits et légumes que peuvent endommager la gelée ou le froid. Les étables fermées exigent des murs isolés qui retiennent la chaleur dégagée par les animaux afin de pouvoir y maintenir le degré de température qui assure une ventilation efficace.

Le but de l'isolation

L'isolation a pour but principal de retarder le passage de la chaleur à travers un mur ou une charpente. Pendant l'hiver l'isolation sert à garder la chaleur à l'intérieur du bâtiment tandis que l'été, par temps chaud, elle sert à empêcher la chaleur d'y pénétrer.

La chaleur traverse directement tous les matériaux connus mais la vitesse de conduction varie. Les matériaux qui réussissent le mieux à retarder le passage de la chaleur sont qualifiés de bons isolants, tandis que les autres tels que la pierre et le béton, qui ne sont pas aussi bons, sont ordinairement appelés mauvais isolants.

Matériaux isolants et hydrofuges

Valeur isolante

L'air est un des meilleurs isolants connus lorsqu'il est immobilisé ou que son mouvement est confiné dans un espace restreint. L'air est également un des meilleurs conducteurs de chaleur lorsqu'on le laisse se déplacer rapidement d'un endroit à un autre; c'est pourquoi il faut restreindre la circulation de l'air pour obtenir une bonne isolation. On peut atteindre ce résultat en remplissant les murs d'un matériau léger poreux qui emprisonne l'air dans de petites poches ou cellules et empêche tout mouvement rapide ou considérable.

Lorsqu'un mur dont les tournisses ou colombages mesurent 3½ pouces de largeur est rempli d'un matériau poreux, les petites cellules d'air emprisonné fournissent une isolation de 14 unités. Si le même mur n'est pas rempli et si l'air peut y circuler librement, la valeur isolante de la couche d'air ne représente plus qu'une unité. Un mur dont la couche d'air n'a qu'un pouce d'épaisseur est plus isolant qu'un mur laissant un espace de trois pouces parce que l'air peut circuler beaucoup plus facilement dans ce dernier cas.

Matériaux isolants du commerce

On peut distinguer les trois classes suivantes de matériaux isolants du commerce: *a*) les panneaux isolants, *b*) les matelas isolants et *c*) les matériaux isolants de remplissage. L'amiante, le coton, la paille, la pâte de bois, le gypse, les poils, le liège, le capoc, le mâchefer, la chaux, le mica, la fibre de bois, la mousse et nombre d'autres substances servent à la fabrication des divers matériaux employés pour fins d'isolation.

Panneaux isolants

Ces matériaux conviennent à de nombreux usages dans les bâtiments agricoles. Les panneaux qui ont une certaine rigidité ou force peuvent servir uniquement à l'isolation ou encore à ajouter de la rigidité ou de la force à la charpente. Ils sont de dimensions variées et peuvent être taillés à la scie et être cloués à la charpente. Les dimensions commerciales sont ordinairement de 4 pieds de large sur 6 à 12 de long, tandis que l'épaisseur varie entre $\frac{1}{4}$ et 1 pouce.

La valeur isolante de ces panneaux varie ordinairement suivant leur densité. Un panneau léger par rapport à ses dimensions ou à son volume fournit ordinairement une meilleure isolation qu'un panneau compact. Les panneaux rigides et durs sont supérieurs en tant que matériaux de charpente.

Matériaux isolants flexibles

Ce genre d'isolant est un matelas de feutre libre recouvert des deux côtés de papier ou de tissu. On l'appelle matelas ou feutre isolant. Ce matériau est ordinairement posé entre les montants des cloisons ou entre les chevrons ou les solives des planchers. On peut cependant l'utiliser à bien d'autres fins grâce à sa souplesse. Les dimensions du commerce varient entre 17 et 36 pouces de largeur, tandis que l'épaisseur peut osciller entre 1 et 4 pouces.

VALEURS ISOLANTES DE LA CHARPENTE ET DE LA MAÇONNERIE

N°	MURS	VALEUR ISOLANTE
1	Revêtement de bois, papier, montants de 4 à 8 po.	1·70
2	Panneau isolant de ½ po., papier, montants de 4, 6 ou 8 po.	2·20
3	Revêtement de bois, papier, planchage, montants.	2·70
4	Revêtement de bois, papier, panneau isolant de ½ po., montants.	3·20
5	Revêtement de bois, papier, espace libre entre les montants, panneau isolant de ½ po.	4·10
6	Revêtement de bois, papier, montants de 4 à 8 po. avec espace libre, matériau hydrofuge, bois embouveté.	3·60
7	Panneau isolant de ½ po. papier, montants avec espace libre et panneau isolant de ½ po.	4·70
8	Revêtement de bois, papier, montants avec espace libre, panneau isolant de ½ po. et revêtement de plâtre de ½ po.	4·30
9	Revêtement de bois, papier, planchage, montants avec espace libre, planches embouvetées d'un pouce.	4·60
10	Revêtement de bois, papier, planchage, montants avec espace libre, panneau isolant de ½ po.	5·10
11	Revêtement de bois, papier, planchage, montants avec espace libre, panneau isolant de ½ po. et revêtement de plâtre de ½ po.	5·30
12	Revêtement de bois, papier, montants de 4 po., espace libre de 2 po., 2 po. de remplissage végétal ou minéral, panneau isolant de ½ po., matériau hydrofuge, revêtement de ½ po.	7·90
13	Revêtement de bois, papier, montants de 4 po., 3 po. et ¾ de remplissage végétal ou minéral, matériau hydrofuge, planches embouvetées de 1 po.	14·40
14	Revêtement de bois, papier, montants de 4 po., remplissage de ripes sèches sur 3 po. ¾, matériau hydrofuge, planches embouvetées de 1 po.	11·50
	TOIT	
15	Couverture de toit du commerce, planches de 1 po. sur chevrons ou solives.	1·90
16	Bardeaux de bois, planches de 1 po. sur chevrons ou solives.	2·50
17	Couverture de toit du commerce, planches de 1 po., chevrons, panneau isolant de ½ po.	4·30
18	Couverture de toit du commerce, planches de 1 po., chevrons, panneau isolant de 1 po.	5·80
19	Épaisseur de 6 po. de foin, planches de 1 po. sur les solives.	12·00
20	Épaisseur de 12 po. de foin, planche d'un po. sur les solives.	22·00

VALEUR ISOLANTE

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

MAÇONNERIE

21	Brique, 8 po.	2·40
22	Brique, 8 po., baguette de clouage, panneau isolant de ½ po., plâtre.	4·00
23	Bloc de cendres de 8 po.	2·40
24	Bloc de cendres de 8 po., baguette de clouage, panneau isolant de ½ po., plâtre.	5·00
25	Mur de béton de 8 po.	1·40
26	Mur de béton de 8 po., baguette de clouage, panneau isolant de ½ po., plâtre.	5·00
27	Bloc de béton de 12 po.	2·00
28	Bloc de béton de 8 po., baguette de clouage, panneau isolant de ½ po., plâtre.	5·30
29	Pierres, 16 po.	2·00

PORTES ET FENÊTRES

30	Porte de bois embouveté de ¾ po.	1·70
31	Porte de bois embouveté de ¾ po., papier, bois embouveté.	2·70
32	Fenêtre à une seule vitre.	·90
33	Fenêtre ordinaire et contre-fenêtre.	2·20

VALEURS COMPARÉES DES COEFFICIENTS INTERNES D'ISOLATION DE DIVERS MATÉRIAUX.

34	Espace libre de 4 à 8 po. = panneau isolant de ¼ po.	·90
35	Mur de briques de 8 po. = placage de ¾ po.	1·60
36	Remplissage végétal ou minéral, 4 po. = panneaux isolants 4 à 5 po.	13·00
37	Panneau isolant de ½ po. = mur de pierres de 20 po.	1·50
38	Plâtre et lattes, ¾ po. = feuille de placage de ¼ po.	·30
39	Espace libre de ¾ à 2 po.	·90
40	Remplissage végétal ou minéral, épaisseur de 1 po.	3·30
41	Remplissage végétal ou minéral, épaisseur de 4 po.	13·20
42	Panneau isolant poreux, v.g. de paille, de fibre, etc., ½ po. d'épaisseur.	1·50
43	Panneau isolant poreux v.g. de fibre, de paille, etc., 1 po. d'épaisseur.	3·00
44	Panneau de fibre trempé v.g. panneau de plâtre de ½ po.	·20
45	Planche de bois de ¾ po. d'épaisseur.	·90
46	Plâtre et lattes, épaisseur ¾ po.	·30

RÉSISTANCE À LA SURFACE

47	Surface intérieure avec circulation restreinte de l'air.	·60
48	Surface extérieure exposée à un vent de 10 à 15 milles l'heure.	·20

Isolant de remplissage

Ce matériau isolant s'achète en vrac et peut servir à remplir les espaces vides dans les murs, planchers, plafonds et toits. On peut le souffler entre les murs ou l'y placer à la main. La valeur isolante des matériaux de remplissage dépend de la nature du matériau, de l'épaisseur du mur et du degré de tassage. Il ne faut pas tasser trop les isolants de remplissage dans les murs car un remplissage peu tassé est préférable pourvu que le mur soit complètement rempli. Lorsque le matériau se tasse et laisse à vide la partie supérieure du mur, il faut combler le vide.

Autres matériaux isolants

Divers autres matériaux, y compris les feuilles métalliques et les papiers recouverts d'un enduit métallique peuvent également servir à l'isolation des bâtiments. Tous ces matériaux sont bons pourvu qu'on les emploie aux fins qui leur sont propres et qu'on les pose de façon convenable.

Matériaux isolants non fabriqués

Certains produits de la terre et d'autres matériaux tels que les ripes, le bran de scie et la paille de blé, servent depuis des années à isoler les bâtiments agricoles. Ces matériaux fourniront une bonne isolation pourvu qu'ils soient installés convenablement et protégés contre l'humidité.

Éléments intervenant dans l'utilisation des produits de la ferme pour l'isolation

Les points suivants sont à considérer lorsqu'on veut employer des ripes du bran de scie, de la paille de blé ou d'autres matériaux semblables pour isoler les bâtiments agricoles.

(1) Les règlements relatifs aux incendies et aux assurances dans certaines régions stipulent que certains matériaux combustibles tels que la paille ou les ripes ne peuvent servir dans la construction de bâtiments. Dans certains cas, les taux d'assurances peuvent être plus élevés pour protéger les bâtiments isolés au moyen de ces matériaux que pour assurer les bâtiments isolés par des produits inorganiques ininflammables. On ne permet pas que les fils électriques viennent en contact avec des matériaux combustibles.

(2) Il importe avant tout que ces matériaux soient secs avant d'être mis en place et qu'ils demeurent dans cet état. Dans les étables et les autres bâtiments où le degré hygrométrique de l'air est très élevé, il est très important de recourir à un matériau hydrofuge pour empêcher l'humidité d'atteindre la substance isolante. L'humidité diminue passablement la valeur isolante de tout matériau et l'intérieur des murs pourrit souvent à cause de la présence de vapeur d'eau.

(3) Afin de protéger les matériaux isolants contre les rats et souris, on recommande de mélanger de la chaux éteinte en poudre avec l'isolant avant de placer ce dernier dans le mur. On mélange ordinairement une livre de chaux par trois pieds cubes de ripes.

Matériaux hydrofuges

Comme les corps des animaux rejettent de la vapeur d'eau, l'air dans les étables transporte ordinairement une grande quantité de vapeur d'eau. Si cet air humide traverse les murs d'une étable par temps froid, il vient en contact avec l'air froid renfermé dans le mur. L'air froid ou la surface froide entraîne la condensation à l'intérieur du mur ou du plafond. La vapeur d'eau forme parfois une gelée blanche sur le mur, mais, ordinairement,

elle se condense simplement à l'intérieur et mouille le bois ou les autres matériaux. Cette condensation fait pourrir les structures de bois et diminue la valeur isolante des matériaux.

Il se fabrique des papiers ou matériaux hydrofuges pour les bâtiments. Ils peuvent être formés d'un papier fibreux et solide, enduit de goudron, vernis ou autre substance ou encore d'une feuille métallique mince collée à un panneau isolant ou à du papier. Le papier goudronné mince ordinaire offre peu de protection contre l'humidité. Lorsqu'on ne dispose pas de papier hydrofuge spécial, on peut recourir au feutre goudronné à couverture pour protéger les murs. Les papiers hydrofuges ou les feuilles métalliques se posent ordinairement en bandes verticales sur le mur. On laisse les feuilles chevaucher sur les montants auxquels on les fixe.

Dans les étables, dont l'air intérieur peut être très humide, il convient de placer le matériau hydrofuge aussi près que possible de l'intérieur. Dans le cas de chambres frigorifiques toutefois, cette disposition peut ne pas être idéale; il sera donc bon de se renseigner de façon plus précise lorsqu'on voudra isoler ce dernier genre de bâtiment.

Valeur isolante

On peut calculer la valeur isolante d'un mur ou de tout assemblage de matériaux, en additionnant tout simplement la résistance ou l'isolation de chacun des matériaux. L'exemple du tableau suivant indique comment calculer la valeur isolante d'un mur.

TABLEAU 11.—VALEUR ISOLANTE D'UN MUR

Matériaux de construction	Valeur isolante*
Revêtement à gorge, 3/4 po. (ou l'équivalent)	0·90
Papier à construction (pour diminuer le passage de l'air)	0·15
Montants, avec espace d'air de 4 po	0·90
Panneau isolant, 1/4 po. (ou l'équivalent)	1·50
Papier hydrofuge (pour protéger l'isolant contre l'humidité)	0·15
Paroi de bois, 3/4 po	0·90
Résistance de la surface extérieure	0·20
Résistance de la surface intérieure	0·60
Valeur isolante totale	5·30

* Consulter les pages 36 et 37 pour les valeurs isolantes des divers matériaux.

Il est facile de calculer la valeur isolante d'un mur dont l'isolation est accrue par l'addition d'autres matériaux. Si l'espace formé par les montants entre les murs et indiqué dans le tableau précédent, est rempli de matériau isolant, la valeur isolante de cet espace, soit 0·90, sera remplacée par la valeur isolante de cet espace rempli par un isolant, soit 13·20, ce qui amènera une amélioration de 13·20 diminué de 0·90, soit 12·30 unités. Le mur possédera alors une valeur isolante de 5·30 additionné de 12·30, soit 17·60 unités.

On peut construire les murs d'une étable de façon à obtenir n'importe quel degré d'isolation contre les pertes de chaleur; on peut aussi améliorer l'isolation des murs et la porter au degré voulu. Le tableau 12, intitulé "Valeurs isolantes nécessaires pour les vacheries" donne les valeurs minimums nécessaires pour les étables ordinaires à stalles dans lesquelles aucune chaleur supplémentaire n'est fournie.

TABLEAU 12.—VALEURS ISOLANTES NÉCESSAIRES POUR LES VACHERIES

Grandeur de l'étable	Nombre approximatif de bovins laitiers	Partie de l'étable	Zone "A" Temp. moy. de janv. +35° à +25°F	Zone "B" Temp. moy. de janv. +25° à +15°F	Zone "C" Temp. moy. de janv. +15° à +5°F	Zone "D". Temp. moy de janv. +5° à −5°F
Très grande	50 vaches ou plus	Murs	2 à 3	3 à 4	4 à 5	5 à 6
		Plafond	5	5	10	15
		Portes et fenêtres	1	1	2	2
Grande	25	Murs	3 à 4	4 à 5	5 à 9	6 à 8
		Plafond	5	10	15	20
		Portes et fenêtres	1	1	2	2
Moyenne	15	Murs	3 à 5	5 à 6	6 à 8	7 à 10
		Plafond	10	10	20	25
		Portes et fenêtres	1	2	2	2
Petite	10	Murs	4 à 6	6 à 8	8 à 12	10 à 16
		Plafond	10	15	20	30
		Portes et fenêtres	2	2	2	2

NOTE.—Les chiffres qui figurent au tableau représentent simplement les valeurs isolantes ou résistances calorifuges que l'on recommande comme minimum. Les pages 36 et 37 renferment une liste des valeurs isolantes de divers matériaux.

Comme la quantité de chaleur disponible dans une porcherie est relativement faible par rapport aux dimensions du bâtiment nécessaire pour les porcs, il faut en isoler très bien les murs. Dans les étables dont la valeur isolante des murs et du plafond est d'environ 15, on réussit ordinairement à maintenir la température qui convient aux porcs adultes tant que la température extérieure n'atteint pas zéro degré. Dans le cas de températures plus basses, il faut ordinairement fournir une source supplémentaire de chaleur dans la porcherie.

ANNEXE

TABLEAU A.—PROPRIÉTÉS DE L'AIR ET DE LA VAPEUR D'EAU

Température en degrés Farhenheit	Grains de vapeur d'eau par 100 pi. cubes — Degré hygrométrique						Poids par pieds cube saturé en liv.
	100	90	80	75	50	30	
Moins 40.....	5·0	4·0	4·0	3·0	2·0	1·0	0·0947
30.....	9·0	8·0	7·0	7·0	4·0	2·0	
20.....	16·0	14·0	13·0	12·0	8·0	5·0	0·0903
10.....	28·0	25·0	22·0	21·0	14·0	8·0	
0.....	47·0	42·0	38·0	35·0	23·0	14·0	0·0862
Plus 10.....	77·0	70·0	62·0	58·0	38·0	23·0	
20.....	124·0	113·0	99·0	93·0	62·0	36·0	0·0826
30.....	194·0	175·0	156·0	146·0	97·0	58·0	
35.....	237·0	213·0	189·0	178·0	117·0	71·0	
40.....	286·0	257·0	229·0	215·0	143·0	86·0	0·0791
45.....	343·0	308·0	274·0	257·0	171·0	103·0	
50.....	410·0	380·0	328·0	308·0	206·0	123·0	0·0775
55.....	488·0	441·0	392·0	366·0	245·0	147·0	
60.....	579·0	521·0	463·0	434·0	288·0	174·0	0·0758

TABLEAU B.—TEMPÉRATURE À LAQUELLE L'HUMIDITÉ SE CONDENSE DANS L'AIR OU TEMPÉRATURE DU POINT DE ROSÉE

Température de l'air	Degré hygrométrique, en pourcentage							
	95	90	85	80	75	70	60	50
60° F.	58	57	55	54	52	50	47	41
55° F.	54	53	51	49	47	45	42	36
50° F.	49	47	45	44	43	40	37	32
45° F.	44	42	41	39	37	35	32	28
40° F.	38	37	36	34	32	31	28	23
35° F.	34	32	31	30	28	26	23	18
30° F.	..	28	..	24	..	21	..	11
20° F.	..	18	..	15	..	10	..	4
10° F.	..	5	..	4	..	1	..	3
0° F.	..	−6	..	−7	..	−10	..	−16

SERVICE DES FERMES EXPÉRIMENTALES

Directeur, E. S. Hopkins, B.S.A., M.Sc., Ph.D.

FERME EXPÉRIMENTALE CENTRALE, OTTAWA, ONTARIO.

Division	*Chef*
Zootechnie	H. K. Rasmussen, B.S.A., M.Sc., Ph.D.
Apiculture	C. A. Jamieson, B.S.A., Ph.D.
Céréales	C. H. Goulden, B.S.A., M.Sc., Ph.D.
Grande culture, sols et génie rural	P. O. Ripley, B.S.A., M.Sc., Ph.D.
Plantes fourragères	T. M. Stevenson, B.S.A., M.Sc., Ph.D.
Horticulture	M. B. Davis, B.S.A., M.Sc.
Stations de démonstration	J. C. Moynan, B.S.A.
Aviculture	H. S. Gutteridge, B.S.A., M.Sc.
Tabacs	N. A. MacRae, B.A., M.Sc., Ph.D.

TERRE-NEUVE

Chargé de la Station expérimentale, Saint-Jean, I. J. Green, B.S.A.

ÎLE DU PRINCE-ÉDOUARD

Régisseur, Station expérimentale, Charlottetown, R.-C. Parent, B.S.A., M.Sc.
Régisseur, Ferme expérimentale d'animaux à fourrure, Summerside, C. K. Gunn, B.Sc., M.Sc., Ph.D.

NOUVELLE-ÉCOSSE

Régisseur, Ferme expérimentale, Nappan, S. B. Williams, B.S.A., M.Sc.
Régisseur, Station expérimentale, Kentville, C. S. Bishop, B.Sc., A.M., Ph.D.

NOUVEAU-BRUNSWICK

Régisseur, Station expérimentale, Fredericton, S. A. Hilton, B.S.A., M.S.A.

QUÉBEC

Régisseur, Station expérimentale, Lennoxville, E. Mercier, B.Sc., M.Sc., Ph.D.
Régisseur, Station expérimentale, Sainte-Anne-de-la-Pocatière, J.-R. Pelletier, B.S.A., M.A., M.Sc.
Régisseur, Station expérimentale, L'Assomption, R. Bordeleau, B.S.A.
Régisseur, Station expérimentale, Normandin, A. Belzile, B.S.A.
Chargé de la Sous-station expérimentale, Sainte-Clothilde, F. S. Browne, B.S.A.
Chargé de la Sous-station expérimentale, Caplan, L.-J. Bellefleur, B.S.A.

ONTARIO

Ferme expérimentale centrale, Ottawa.
Régisseur, Station expérimentale, Kapuskasing, F.-X. Gosselin, B.S.A.
Régisseur, Station expérimentale, Harrow, H. F. Murwin, B.S.A.
Chargé de la Sous-station expérimentale, Delhi, L. S. Vickery, B.S.A., M.Sc.
Chargé de la Sous-station expérimentale, Smithfield, D. S. Blair, B.S.A., M.Sc.
Chargé de la Sous-station expérimentale, Woodslee, J. W. Aylesworth, B.S.A., M.S.

MANITOBA

Régisseur, Ferme expérimentale, Brandon, R. M. Hopper, B.S.A., M.Sc.
Régisseur, Station expérimentale, Morden, W. R. Leslie, B.S.A.
Chargé de la Linerie expérimentale, Portage-la-Prairie, E. M. MacKey, B.S.A.

CAL/BCA OTTAWA K1A 0C5
3 9073 00202794 6

SASKATCHEWAN

Régisseur, Ferme expérimentale, Indian-Head, J. R. Foster, B.S.A.
Régisseur, Station expérimentale, Scott, G. D. Matthews, B.S.A.
Régisseur, Station expérimentale, Swift-Current, G. N. Denike, B.S.A
Régisseur, Station expérimentale, Melfort, H. E. Wilson, B.S.A.
Régisseur, Sous-station expérimentale, Regina, A. W. Leggett, B.S.A., B.Sc.
Régisseur, Pépinière forestière, Indian-Head, John Walker, B.Sc., M.S.
Régisseur, Pépinière forestière, Sutherland, W. L. Kerr, B.S.A., M.Sc.

ALBERTA

Régisseur, Station expérimentale, Lacombe, G. E. DeLong, B.S.A., M.Sc.
Régisseur, Station expérimentale, Lethbridge, A. E. Palmer, B.Sc., M.Sc.
Régisseur, Station expérimentale, Beaverlodge, E. C. Stacey, B.A., M.Sc.
Régisseur, Station herbagère expérimentale fédérale, Manyberries, H. F. Peters, B.S.A.
Chargé de la Sous-station expérimentale, Fort-Vermilion, V. J. Lowe.

COLOMBIE-BRITANNIQUE

Régisseur, Ferme expérimentale, Agassiz, W. H. Hicks, B.S.A.
Régisseur, Station expérimentale, Summerland, T. H. Anster, B. S.A., M.S.A., Ph. D.
Régisseur, Station expérimentale, Prince-George, F. V. Hutton, B.S.A.
Régisseur, Station expérimentale, Saanichton, J. J. Woods, B.S.A., M.S.A.
Régisseur, Station herbagère expérimentale fédérale, Kamloops, T. G. Willis, B.S.A., M.S.A.
Régisseur, Sous-station expérimentale, Smithers, W. T. Burns, B.S.A., M.Sc.

TERRITOIRES DU YUKON ET DU NORD-OUEST

Chargé de la Sous-station expérimentale, Whitehorse, T. Y., J. W. Abbott.
Chargé de la Sous-station expérimentale, Fort-Simpson, T. N.-O., J. A. Gilbey, B.S.A., M.Sc.

OTTAWA, 1953
EDMOND CLOUTIER, C.M.G., O.A., D.S.P.
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE